

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS

MODELO DE DEMANDA VARIÁVEL PARA A DETERMINAÇÃO
DA OFERTA DE TRANSPORTE COLETIVO URBANO POR ÔNIBUS

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA
CATARINA PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA

JORGE ALCIDES CRUZ



0.196.095-1

UFSC-BU

FLORIANÓPOLIS
SANTA CATARINA - BRASIL

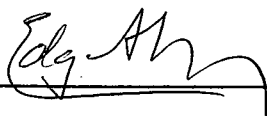
MODELO DE DEMANDA VARIÁVEL PARA A DETERMINAÇÃO
DA OFERTA DE TRANSPORTE COLETIVO URBANO POR ÔNIBUS

JORGE ALCIDES CRUZ

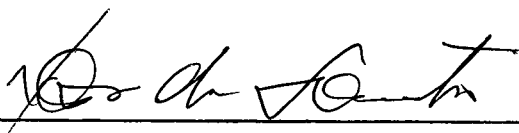
ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE

MESTRE EM ENGENHARIA

ESPECIALIDADE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E APROVADA EM SUA FORMA
FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

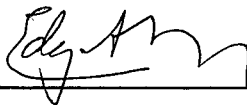


EDGAR AUGUSTO LANZER, PH. D. - ORIENTADOR



NERI DOS SANTOS, DR. - COORDENADOR DO CURSO

BANCA EXAMINADORA:



EDGAR AUGUSTO LANZER, PH. D. - PRESIDENTE



RICARDO MIRANDA BRCIA, PH. D.



ROBERT WAYNE SAMOHYL, PH. D.

AOS MEUS PAIS,

BERNARDINO ANTÔNIO DA CRUZ
ZULEIKA DE BRITO E CUNHA CRUZ

AGRADECIMENTOS

Prof. Edgar Augusto Lanzer

Adenir José Klettenberg

Amir Mattar Valente

Antônio Carlos da Silva

Clara Rejane Bertoluci

João Savas

José Augusto de Abreu Sá Fortes

Mirella Muratori

Ricardo Miranda Bárcia

Silvana Bernardes Rosa

Aldanei Tavares

Antônio Berfran Acosta Rosado

Carlos Alberto Gonçalves Lompa

Denise Laprea Pereira

Jorge Destri Júnior

Mary Blanc Dias Barbosa

Plínio Stange

Robert Wayne Samohyl

Waldir Gomes da Silva

Coord. de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES

Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes - GEIPOT

Empresa de Trens Urbanos de Porto Alegre - TRENSURB

Fundação Metropolitana de Porto Alegre - METROPLAN

Núcleo de Transportes da Prefeitura Municipal de Florianópolis

Prefeitura Municipal de Uberlândia

Ribeironense Transportes Coletivos Ltda.

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

RESUMO

A oferta de transporte coletivo urbano por ônibus compreende a especificação dos horários de início das viagens necessárias para transportar todos os passageiros existentes em sua área de influência, com um determinado grau de conforto, ao longo de um dia considerado típico. Inclui também a quantidade de veículos que precisam estar disponíveis para o cumprimento de tais horários. Para tanto, deve-se estabelecer estimativas para as variações da demanda ao longo do tempo e do espaço e também para as distribuições dos tempos de viagem e de espera nos terminais.

Os modelos em utilização levam em conta e determinação de períodos típicos em que esses parâmetros são considerados constantes e iguais às médias dos valores observados. Porém, o estabelecimento dos limites de tais períodos não é automático e depende do critério do projetista, o que incorpora um elevado grau de subjetividade. Como consequência, a oferta assim calculada se torna pouco precisa e o processo, demorado e custoso.

Neste trabalho é desenvolvido um modelo alternativo de estimação que dispensa a determinação dos períodos típicos, o que elimina a descontinuidade do processo de cálculo e as etapas que exigem a decisão do planejador. Isto permite que seja informatizado, reduzindo sua duração e custos e aumentando sua precisão.

ABSTRACT

Bus public transport supply involves the specification of travel schedules, in order to transport all passengers existing in its influence area, with a determined degree of comfort, along a day considered as typical. It also includes the quantity of vehicles available for accomplish the timetable. Thereby, estimates must be established for demand variations along time and space and also for travel time and terminus waiting time distributions.

Models in use take into account the determination of typical periods in which these parameters are considered constant and equal to the average of observed data. However, the limits of these periods are not automatically established and depend on the planner criterion, which incorporates a high degree of subjectivity. Consequently, the usual process to calculate supply is highly time and cost consuming and its results not precise enough.

In this work is developed an alternative estimation model that dispenses with the determination of the typical periods and eliminates the process discontinuities as well as the stages that need the planner decision. It allows for its informatization, which, in turn, reduces time and cost while increases precision.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE QUADROS	XVII
CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO	1
1.1- Origem do Trabalho	1
1.2- Objetivos do Trabalho	5
1.3- Importância do Trabalho	5
1.4- Metodologia do Trabalho	6
1.5- Estrutura do Trabalho	6
CAPÍTULO 2- ANÁLISE DA DEMANDA DE PASSAGEIROS	8
2.1- Princípios Básicos	8
2.1.1- Flutuação Temporal de Demanda	8
2.1.2- Flutuação Espacial da Demanda	13
2.2- Modelos de Estimação da Demanda	16
2.2.1- Modelo Horário	16
2.2.2- Modelo Numérico	18
2.2.3- Modelo do Volume Horário em Períodos de Quinze Minutos	22
2.2.4- Modelo da CET	22
2.3- Seleção da Amostra	23

2.4- Modelo Proposto	29
2.4.1- Flutuação Temporal da Demanda	29
2.4.1.1- Modelos Polinomiais	36
2.4.1.2- Modelo de Suavização	40
2.4.2- Flutuação Espacial da Demanda	49
CAPÍTULO 3- ANÁLISE DA OFERTA DE TRANSPORTE COLETIVO	54
3.1- Veículo-Padrão	54
3.2- Nível de Serviço	55
3.3- Dimensionamento Operacional	58
3.3.1- Seleção do Nível de Serviço	60
3.3.1.1- Modelos Existentes	60
3.3.1.2- Modelo Proposto	63
3.3.2- Determinação do Quadro de Horários Mínimos	70
3.3.2.1- Modelos Existentes	70
3.3.2.2- Modelo Proposto	73
3.3.3- Determinação do Quadro de Horários Efetivos	76
3.3.3.1- Análise do Tempo de Viagem	78
3.3.3.1.1- Modelos Existentes	80
3.3.3.1.2- Modelo Proposto	80
3.3.3.2- Análise do Tempo de Espera nos Terminais ..	82
3.3.3.3- Cálculo dos Horários Efetivos	87
3.3.4- Cálculo da Frota Efetiva	99
3.3.4.1- Método do Tempo de Ciclo	99
3.3.4.2- Método do Nomograma	102
3.3.4.3- Método do Gráfico de Marcha	104
3.3.5- Programação por Veículo	104
3.3.6- Avaliação Econômica	105

	IX
CAPÍTULO 4- APLICAÇÃO DO MODELO	108
4.1- Oferta Atual	108
4.2- Demanda Atual	112
4.3- Cálculo da Oferta	114
4.4- Avaliação dos Resultados	122
CAPÍTULO 5- CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	133
ANEXO 1- METODOLOGIA DOS LEVANTAMENTOS DE CAMPO	135
A.1.1- Levantamento de Catracas	135
A.1.2- Levantamento de Embarque e Desembarque	137
ANEXO 2- DISTRIBUIÇÕES DO FLUXO DE PASSAGEIROS E DO TEMPO DE VIAGEM	139
A.2.1- Distribuições do Fluxo de Passageiros	139
A.2.2- Distribuições do Tempo de Viagem	159
ANEXO 3- INFORMAÇÕES SOBRE A OFERTA E A DEMANDA	173
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	189

LISTA DE FIGURAS

2.1-	Conceito de Fluxo de Passageiros	9
2.2-	Distribuições Típicas do Fluxo de Passageiros (Linha Abraão, 1983)	11
2.3-	Esquema da Flutuação Espacial da Demanda	14
2.4-	MPTDC - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros - Modelo Horário (Linha Abraão, 1983)	17
2.5-	MPTDC - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros - Modelo Horário Modificado (Linha Abraão, 1983)	19
2.6-	MPTDC - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros - Modelo Numérico (Linha Abraão, 1983)	21
2.7-	MPTDC - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros - Modelo do Volume Horário em Períodos de Quinze Minutos (Linha Abraão, 1983)	23
2.8-	Distribuições do Fluxo Médio de Passageiros em Perí- odos de Dois Minutos (Linha Abraão, 1983)	30
2.9-	Distribuições do Fluxo Médio de Passageiros em Perí- odos de Quatro Minutos (Linha Abraão, 1983)	31
2.10-	Distribuições do Fluxo Médio de Passageiros em Perí- odos de Seis Minutos (Linha Abraão, 1983)	32
2.11-	Distribuições do Fluxo Médio de Passageiros em Períodos de	

Oito Minutos (Linha Abraão, 1983)	33
2.12- Distribuições do Fluxo Médio de Passageiros em Períodos de Dez Minutos (Linha Abraão, 1983)	34
2.13- Conceito de Sistema Dinâmico	35
2.14- MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros - Modelo Polinomial de Mínimos Quadrados (Linha Abraão, 1983)	38
2.15- MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros - Modelo de Suavização - MMC-3 (Linha Abraão, 1983)	42
2.16- MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros - Modelo de Suavização - MMC-5 (Linha Abraão, 1983)	43
2.17- MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros - Modelo de Suavização - MMC-7 (Linha Abraão, 1983)	44
2.18- MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros - Modelo de Suavização - MMC-9 (Linha Abraão, 1983)	45
2.19- MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros - Modelo de Suavização - MMC-11 (Linha Abraão, 1983)	46
2.20- MDV - Grau de Suavização (Linha Abraão, 1983)	47
3.1- Planta Esquemática da Ocupação do Veículo-Padrão de Acordo com o Nível de Serviço	59
3.2- MDV - Estimativas da Distribuição da Lotação do Veículo- Padrão (NS C e F) - Modelo 1 (Linha Abraão/BC, 1983)	67
3.3- MDV - Estimativas da Distribuição da Lotação do	

Veículo- Padrão (NS C e F) - Modelo 2 (Linha	
Abraão/BC, 1983)	67
3.4- MDV - Estimativas da Distribuição da Lotação do	
Veículo- Padrão (NS C e F) - Modelo 3 (Linha	
Abraão/BC, 1983)	68
3.5- MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Pas-	
sageiros Para os Horários Mínimos Calculados (Linha	
Abraão/BC, 1983)	75
3.6- Esquema de Elaboração do Gráfico de Marcha	77
3.7- Exemplo de Gráfico de Marcha	77
3.8- MPTDC - Estimativas da Distribuição do Tempo de	
Viagem (Linha Abraão, 1983)	81
3.9- MDV - Estimativas da Distribuição do Tempo de	
Viagem - MMC-3 (Linha Abraão, 1983)	83
3.10- MDV - Estimativas da Distribuição do Tempo de	
Viagem - MMC-5 (Linha Abraão, 1983)	84
3.11- MDV - Estimativas da Distribuição do Tempo de	
Viagem - MMC-7 (Linha Abraão, 1983)	85
3.12- Conceito de Horário Virtual	88
3.13- Esquema da Vinculação do Tipo 1 - Primeira Etapa	92
3.14- Esquema da Vinculação do Tipo 1 - Segunda Etapa -	
Passo 1	94
3.15- Esquema da Vinculação do Tipo 1 - Segunda Etapa -	
Passo 2	97
3.16- Conceito de Tempo de Ciclo	101
3.17- Cálculo da Frota Efetiva - Nomograma de Lucatelli	103
4.1- Itinerários Atuais das Linhas Abraão, Itaguaçu e	
Vila Aparecida.....	109
4.2- Participação Percentual das Viagens Efetivas de Acordo	

com o Nível de Serviço (Linha Abraão Conjunta)	113
4.3- Distribuições do Fluxo de Passageiros (Linha Abraão Conjunta, 25/Jun/1991)	115
4.4- Itinerários Propostos Para as Linhas Abraão e Itaguaçu	117
4.5- MDV - Estimativas da Distribuição do Tempo de Deslo- camento Entre os Terminais de Bairro Propostos (Linhas Abraão/BC e Itaguaçu/BC, 25/Jun/1991)	118
4.6- Distribuições Modificadas do Fluxo de Passageiros (Linha Abraão Conjunta, 25/Jun/1991)	120
4.7- Distribuições do Intervalo de Confiança do Fluxo de Passageiros (Linha Abraão Conjunta, 25/Jun/1991)	121
4.8- Participação Percentual das Viagens dos Dias Avalia- dos, de Acordo com o Nível de Serviço (Linha Abraão Conjunta/CB)	126
4.9- Distribuições Reais e Modificadas do Fluxo de Passa- geiros (Linha Abraão Conjunta - CB, 6/Jun/1991)	127
4.10- Distribuições Reais e Modificadas do Fluxo de Passa- geiros (Linha Abraão Conjunta - CB, 13/Jun/1991)	128
4.11- Distribuições Reais e Modificadas do Fluxo de Passa- geiros (Linha Abraão Conjunta - CB, 20/Jun/1991)	129
A.1.1- Modelo da Planilha do Levantamento de Catracas	136
A.1.2- Modelo da Planilha-Resumo do Levantamento de Ca- tracas	137
A.1.3- Modelo da Planilha do Levantamento de Embarque e Desembarque	138
A.2.1.1- MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passa- geiros (Linha Agronômica, 1984)	140
A.2.1.2- MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passa-	

	geiros (Linha Alvorada, 1989)	141
A.2.1.3-	MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passa- geiros (Linha Barreiros, 1983)	142
A.2.1.4-	MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passa- geiros (Linha Capoeiras, 1983)	143
A.2.1.5	MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passa- geiros (Linha Circular 108, 1984)	144
A.2.1.6-	MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passa- geiros (Linha Circular 109, 1984)	144
A.2.1.7-	MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passa- geiros (Linha Circular 121, 1983)	145
A.2.1.8-	MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passa- geiros (Linha Circular 122, 1983)	145
A.2.1.9-	MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passa- geiros (Linha Cruzeiro, 1988/89)	146
A.2.1.10-	MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passa- geiros (Linha Expresso-UFSC, 1984)	147
A.2.1.11-	MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passa- geiros (Linha Harmonia, 1989)	148
A.2.1.12-	MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passa- geiros (Linha Interior Industrial, 1989)	149
A.2.1.13-	MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passa- geiros (Linha Jardim Eldorado, 1983)	150
A.2.1.14-	MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passa- geiros (Linha Jardim Nossa Senhora Aparecida, 1989).	151
A.2.1.15-	MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passa- geiros (Linha Jardim Porto Alegre, 1989)	152
A.2.1.16-	MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passa- geiros (Linha Maracanã, 1989)	153

A.2.1.17-	MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros (Linha Palhoça, 1983)	154
A.2.1.18-	MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros (Linha Rodoviária-Tubalina, 1988/89)	155
A.2.1.19-	MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros (Linha Santo Amaro da Imperatriz, 1983)	156
A.2.1.20-	MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros (Linha Umuarama-Luizote, 1989)	157
A.2.1.21-	MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros (Linha Vila São João, 1983)	158
A.2.2.1-	MDV - Estimativas da Distribuição do Tempo de Viagem (Linha Agrônômica, 1984)	160
A.2.2.2-	MDV - Estimativas da Distribuição do Tempo de Viagem (Linha Barreiros, 1983)	161
A.2.2.3-	MDV - Estimativas da Distribuição do Tempo de Viagem (Linha Capoeiras, 1983)	162
A.2.2.4-	MDV - Estimativas da Distribuição do Tempo de Viagem (Linha Circular 108, 1984)	163
A.2.2.5-	MDV - Estimativas da Distribuição do Tempo de Viagem (Linha Circular 109, 1984)	163
A.2.2.6-	MDV - Estimativas da Distribuição do Tempo de Viagem (Linha Circular 121, 1983)	164
A.2.2.7-	MDV - Estimativas da Distribuição do Tempo de Viagem (Linha Circular 122, 1983)	164
A.2.2.8-	MDV - Estimativas da Distribuição do Tempo de Viagem (Linha Cruzeiro, 1988/89)	165
A.2.2.9-	MDV - Estimativas da Distribuição do Tempo de Viagem (Linha Expresso-UFSC, 1984)	166
A.2.2.10-	MDV - Estimativas da Distribuição do Tempo de Viagem	

(Linha Jardim Eldorado, 1983)	167
A.2.2.11- MDV - Estimativas da Distribuição do Tempo de Viagem (Linha Palhoça, 1983)	168
A.2.2.12- MDV - Estimativas da Distribuição do Tempo de Viagem (Linha Rodoviária-Tubalina, 1988/89)	169
A.2.2.13- MDV - Estimativas da Distribuição do Tempo de Viagem (Linha Santo Amaro da Imperatriz, 1983)	170
A.2.2.14- MDV - Estimativas da Distribuição do Tempo de Viagem (Linha Umuarama-Luizote, 1989)	171
A.2.2.15- MDV - Estimativas da Distribuição do Tempo de Viagem (Linha Vila São João, 1983)	172

LISTA DE QUADROS

2.1-	Características das Linhas Estudadas (Flutuação Temporal da Demanda)	27
2.2-	Características das Linhas Estudadas (Flutuação Espacial da Demanda)	28
2.3-	Resultados do Teste IR-1	51
2.4-	Resultados do Teste IR-2	52
2.5-	Resultados do Teste IR-3	53
3.1-	Características dos Níveis de Serviço	58
3.2-	Quantidade de Viagens Mínimas Diárias de Acordo com o NS (Linha Abraão, 1983)	68
3.3-	Ocupação Mínima de Acordo com o NS (Linha Abraão, 1983)	69
3.4-	Custos Variáveis Diários de Acordo com o NS (Linha Abraão, 1983)	69
3.5-	Avaliação Econômica Comparativa do MDV e do MPTDC	106
4.1-	Oferta de Viagens das Linhas Abraão e Itaguaçu	110
4.2-	Extensão Percorrida Pelas Linhas Abraão e Itaguaçu ...	111
4.3-	Lotação do Veículo-Padrão e Faixas Admissíveis de Passageiros Transportados por Viagem	111
4.4-	Demanda das Linhas Abraão e Itaguaçu	112
4.5-	Participação Percentual das Viagens Efetivas de Acordo com o Nível de Serviço	113

4.6-	Demanda e Oferta em 6/Ago/1991	124
4.7-	Demanda e Oferta em 13/Ago/1991	124
4.8-	Demanda e Oferta em 20/Ago/1991	124
4.9-	Participação Percentual das Viagens dos Dias Avalia- dos de Acordo com o Nível de Serviço	125
4.10-	Participação da Quantidade de Viagens dos Dias Ava- liados de Acordo com o Intervalo de Confiança	130
4.11-	Avaliação Econômica	132
A.3.1-	Quadro de Horários Oficial da Linha Abraão (25 de Junho de 1991)	174
A.3.2-	Quadro de Horários Oficial da Linha Itaguaçu (25 de Junho de 1991)	175
A.3.3-	Oferta e Demanda Efetivas da Linha Abraão (Conjunta) em 25 de Junho de 1991	176
A.3.4-	MDV - Quadro de Horários Proposto Para Linha Abraão Conjunta - Nível de Serviço C	178
A.3.5-	MDV - Quadro de Horários Proposto Para Linha Abraão Conjunta - Nível de Serviço D	180
A.3.6-	MDV - Quadro de Horários Proposto Para Linha Abraão Conjunta - Nível de Serviço E	182
A.3.7-	MDV - Programação Proposta (NS D) - Quadro de Horários da Linha Abraão	183
A.3.8-	MDV - Programação Proposta (NS D) - Quadro de Horários da Linha Itaguaçu	184
A.3.9-	MDV - Programação Proposta por Veículo (NS D) - Linhas Abraão e Itaguaçu	185
A.3.10-	Oferta e Demanda Efetivas dos Dias Avaliados (Linha Abraão Conjunta - Sentido Centro-Bairro)	187

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1- Origem do Trabalho

O ônibus, no Brasil, é hoje responsável por cerca de 60% dos deslocamentos de pessoas em áreas urbanas, e sua participação é cada dia mais significativa, considerando os elevados índices de crescimento populacional do país e as dificuldades de implantação de outras modalidades de transporte coletivo, que exigem investimentos de vulto.

Por outro lado, a grande maioria dos usuários do ônibus corresponde à população de baixa renda, o que torna o sistema instável em relação à questão tarifária. Qualquer variação significativa nos valores tarifários implica um impacto correspondente no orçamento familiar, cada vez mais comprometido.

O valor da tarifa, por sua vez, depende da qualidade do serviço oferecido, traduzida em termos de frequência de viagens, da tecnologia adotada e das condições de deslocamento.

Um problema que se impõe é determinar qual o melhor serviço que se pode oferecer a um nível tarifário compatível com a capacidade de pagamento do público-alvo, o que implica a busca de um nível de eficiência ótimo, processo conhecido como racionalização (de um sistema, área ou linha de transporte coletivo urbano

por ônibus).

Para a racionalização das condições de deslocamento do veículo, procura-se principalmente reduzir o tempo de viagem, evitando os conflitos com os demais veículos e diminuindo o tempo de paradas ao longo do itinerário. Além de melhorar a qualidade do serviço oferecido ao usuário, um menor tempo de viagem implica uma quantidade também menor de veículos necessários. Para tanto, são geralmente adotadas as seguintes medidas:

- Implantação de faixas ou vias de tráfego exclusivo para o ônibus;
- Localização conveniente de pontos de parada para o embarque e desembarque de passageiros;
- Implantação de dispositivos de priorização do trânsito de ônibus em interseções semaforizadas ou não.

As condições tecnológicas do ônibus têm sido amplamente estudadas, com vistas à melhoria das condições de conforto do passageiro (assentos mais confortáveis, pega-mãos para passageiros em pé, corredores mais amplos para circulação interna) e à redução do tempo nos pontos de parada (portas mais largas, degraus mais baixos, área de acumulação de passageiros antes da catraca maior). Tais recomendações culminaram na concepção do ônibus *PADRON*, (GEIPOT, 1982-b), e que pode ser considerado o primeiro veículo rodoviário urbano brasileiro destinado ao transporte de passageiros (os restantes são constituídos de carrocerias de ônibus sobre chassis de caminhão).

O estabelecimento da frequência das viagens, ou seja, do *quadro de horários*, entretanto, não tem sido explorado o suficiente, sendo na maioria das vezes relegado ao empirismo puro e sim-

ples. Poucas empresas operadoras e órgãos de gerência conseguem oferecer um serviço compatível com as necessidades do público usuário, o que se traduz nas críticas contumazes do passageiro em relação à escassez de veículos, ao excesso de lotação dos mesmos e ao elevado tempo de espera em pontos de parada e terminais. Tais reclamações resultam o mais das vezes da inadequação da oferta de transporte à demanda existente. Não raro o operador possui uma frota suficiente, mas os horários são incompatíveis.

Em sistemas de demanda reduzida é possível identificar as viagens em que a ocupação do veículo é persistentemente superior a sua lotação (ocupação máxima permitida). Neste caso, basta estabelecer uma viagem adicional e o problema estará solucionado por algum tempo. Em sistemas mais complexos, entretanto, esta prática é totalmente inadequada, considerando que a criação de uma viagem adicional implica necessariamente a redistribuição dos horários das viagens anteriores e posteriores.

Muitas operadoras ainda consideram um exagero a utilização de metodologias ditas mais sofisticadas para a determinação da oferta, uma vez que em sua maioria a preocupação principal é a geração de recursos em detrimento das necessidades do usuário. Entretanto, é comum constatar-se a existência de veículos sub-utilizados nos períodos de menor movimento, o que gera, naturalmente, um incremento desnecessário dos custos.

Para o órgão de gerência, contudo, a necessidade de uma correta especificação da oferta se torna cada vez maior, dada a crescente adoção de modelos de remuneração das operadoras pela produção de transporte (pela quilometragem percorrida), ao invés da remuneração pela demanda de transporte (por passageiro transportado). Deste fato pode-se concluir que também para o represen-

tante do usuário geralmente a preocupação maior é de caráter financeiro.

A determinação da oferta do transporte coletivo urbano por ônibus só poderá ser feita corretamente através do conhecimento das características da demanda.

Os métodos de estabelecimento da oferta utilizados atualmente procuram identificar as variações mais gerais da demanda que ocorrem ao longo de um dia considerado como típico, determinando os limites de períodos em que ela é aproximadamente constante, chamados de *períodos típicos de demanda constante*. Para cada um deles é calculada a quantidade de viagens necessária e suficiente para transportar o total de passageiros verificados, a intervalos constantes.

Uma das dificuldades desses métodos é que a definição dos limites dos períodos típicos é geralmente feita a critério do projetista e que, embora baseada na distribuição da demanda ao longo do dia considerado e portanto em parâmetros técnicos, incorpora um certo grau de subjetividade. Além disso, esse procedimento impede a automatização total do processo, aumentando a sua duração. Existem métodos em que esta automatização está presente, mas que utilizam heurísticas específicas para os locais onde são aplicados.

Por outro lado, a adoção de parâmetros médios em cada período considerado pode levar a uma oferta sub ou superestimada, o que ²vai de encontro às necessidades do passageiro.

Torna-se importante, desta forma, investigar com maior profundidade os métodos em utilização, procurando uma estimativa da demanda que esteja mais próxima da realidade e um modelo matemático que permita um processamento mais rápido, capaz de fornecer

à operadora e ao órgão de gerência uma resposta imediata e de baixo custo para a racionalização do sistema em estudo.

1.2- Objetivo do Trabalho

O presente trabalho visa propor uma metodologia alternativa de cálculo da oferta de transporte coletivo urbano por ônibus com os seguintes objetivos:

- Atender melhor às necessidades de deslocamento do usuário;
- Permitir a informatização do processo de cálculo, de modo a reduzir o tempo necessário para a obtenção dos resultados;
- Apresentar resultados econômicos compatíveis com as práticas atualmente em uso no país e com a qualidade do serviço oferecido;
- Apresentar flexibilidade suficiente para ser aplicado a qualquer linha, independentemente de características peculiares.

1.3- Importância do Trabalho

A metodologia que se pretende desenvolver deverá incentivar a busca de um atendimento progressivamente melhor das necessidades do passageiro. Devidamente informatizado, o modelo permitirá um processo de cálculo de custo reduzido, capaz de fornecer resposta rápida para os problemas denunciados pela comunidade.

Poderá inclusive ser aplicado numa mesma linha sucessivas vezes, visando eliminar os efeitos da acomodação da demanda

que geralmente ocorre quando se implanta uma nova programação. Do mesmo modo, poder-se-á acompanhar a evolução das principais características da demanda de uma linha de ônibus, alterando-se a oferta sempre que necessário.

Para o órgão de gerência, este acompanhamento permitirá um controle maior sobre as operadoras, especialmente nos casos em que a remuneração é feita pela produção de transporte.

1.4- Metodologia do Trabalho

O estudo realizado constituiu-se de quatro grandes etapas, quais sejam:

- Definição da sub-área do transporte coletivo urbano a ser estudada, que é o cálculo da oferta;
- Levantamento bibliográfico relacionado com o tema e obtenção de informações reais de linhas com características as mais diversas possíveis, tanto em termos de forma de operação, como de região do país;
- Desenvolvimento do modelo de acordo com os objetivos pretendidos;
- Aplicação do modelo proposto em uma linha de ônibus com características representativas das diversas situações reais existentes e avaliação dos resultados obtidos.

1.5- Estrutura do Trabalho

O trabalho é constituído de cinco capítulos e três anexos em que são abordados os aspectos descritos sucintamente a se-

seguir:

- Capítulo 1: introdução do trabalho, destacando os motivos que levaram a sua elaboração e seus objetivos, importância para a sociedade, metodologia e estrutura;
- Capítulo 2: análise das características da demanda de passageiros, onde são descritos o princípio básico de sua obtenção, os diversos modelos de estimação atualmente em utilização no país, a amostra selecionada para estudo e o modelo de estimação proposto;
- Capítulo 3: análise das características da oferta de transporte, que são os tempos de viagem e de espera em terminais e o nível de serviço oferecido, e a descrição dos modelos em uso e do proposto;
- Capítulo 4: aplicação do modelo proposto em uma linha de transporte coletivo urbano por ônibus e avaliação dos resultados obtidos;
- Capítulo 5: conclusões e recomendações para a melhoria do processo.
- Anexo 1: descrição da metodologia dos levantamentos de campo;
- Anexo 2: apresentação dos gráficos com as distribuições, reais e estimadas através do modelo proposto, do fluxo de passageiros e do tempo de viagem das linhas da amostra considerada, em um dia considerado típico;
- Anexo 3: apresentação dos quadros de horários atuais, aqueles calculados através do modelo proposto para a linha em que foi aplicado, considerando três níveis de serviço e com as respectivas estimativas de demanda e do tempo de viagem e os levantamentos para a aplicação.

CAPÍTULO 2 - ANÁLISE DA DEMANDA DE PASSAGEIROS

Neste Capítulo são apresentados os princípios básicos de análise da demanda de uma linha de ônibus, os principais modelos de estimação e a formulação do modelo proposto.

2.1- Princípios Básicos

Demanda de passageiros de um modo de transporte é a quantidade de pessoas que dele se utilizam em um determinado período (geralmente anual, mensal, semanal ou diário), ou extensão (quilômetro ou distância entre dois pontos de parada consecutivos). Para se analisar as características da demanda, normalmente se estuda a sua variação ao longo do tempo ou espaço, o que se chama, respectivamente, de *flutuação temporal da demanda* e *flutuação espacial da demanda*.

2.1.1- Flutuação Temporal da Demanda

A flutuação temporal pode ser considerada de modo a refletir o crescimento anual da demanda ou a sua variação mensal (ao longo do ano), semanal (ao longo do mês), diária (ao longo da semana) e horária (ao longo do dia). Neste trabalho, a análise esta-

rá limitada à variação da demanda ao longo de um dia considerado típico, em uma abordagem determinística.

Considere-se, primeiramente, uma determinada viagem, de ordem i . Admitindo-se que a viagem anterior ($i-1$) tenha transportado todos os passageiros que se encontravam no terminal inicial e nos pontos de parada intermediários e que os veículos viajam a uma velocidade constante, então os passageiros da viagem i foram se acumulando no intervalo de tempo Δh_i entre ambas, conforme é ilustrado na Figura 2.1. Admitindo-se também que os passageiros cheguem aos pontos de maneira regular, pode-se então definir o fluxo de passageiros entre duas viagens consecutivas como sendo:

$$f_i = \frac{pt_i}{\Delta h_i} = \frac{pt_i}{h_i - h_{i-1}} \quad (i > 1 \text{ e } \Delta h_i > 0) \quad (2.1)$$

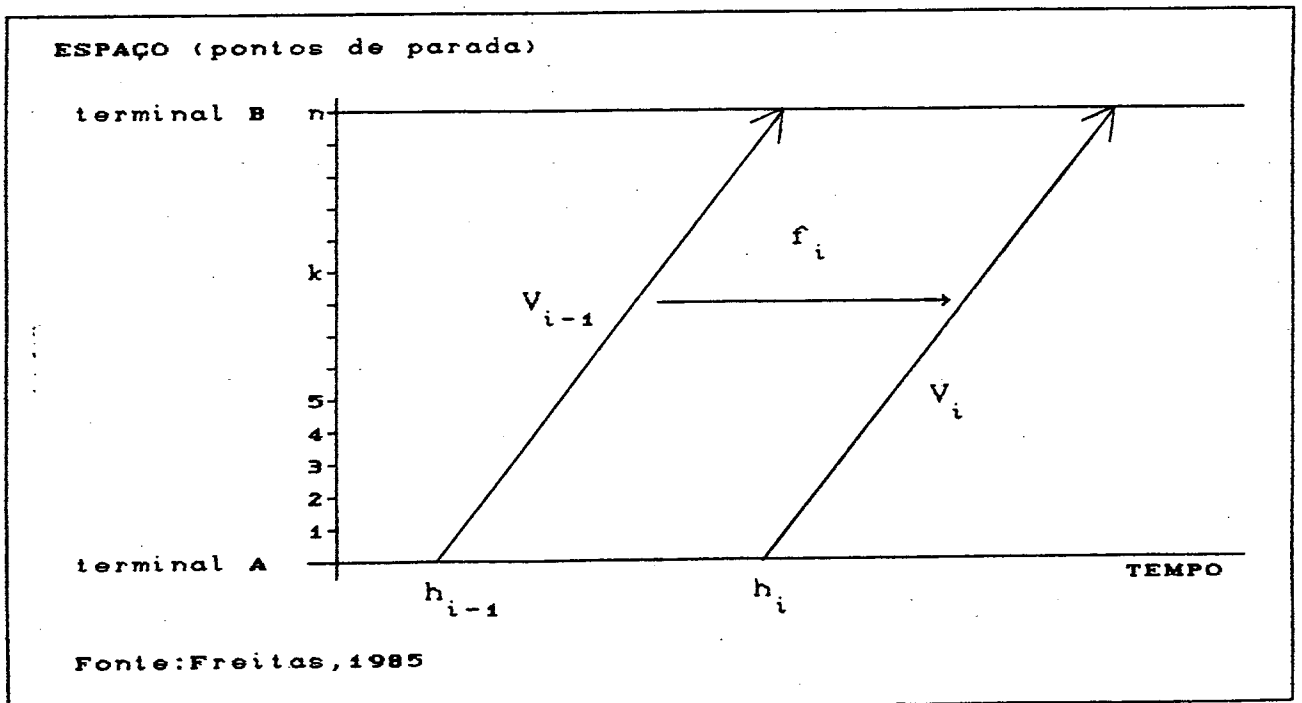


Figura 2.1 - Conceito de Fluxo de Passageiros

Onde:

- f_i : fluxo de passageiros da viagem i (pass./min);
 pt_i : total de passageiros transportados na viagem i ;
 h_i : horário de partida da viagem i (min);
 h_{i-1} : horário de partida da viagem $i-1$ (min).

Observe-se que não existe fluxo de passageiros correspondente à primeira viagem.

Por outro lado, pode ocorrer a saída simultânea de dois ou mais veículos, o que faz:

$$\Delta h_i = 0, \Delta h_{i-1} = 0, \dots, \Delta h_{i-n} = 0$$

Neste caso, considera-se que apenas uma viagem hipotética transporta o total de passageiros das duas ou mais viagens originais, ou seja:

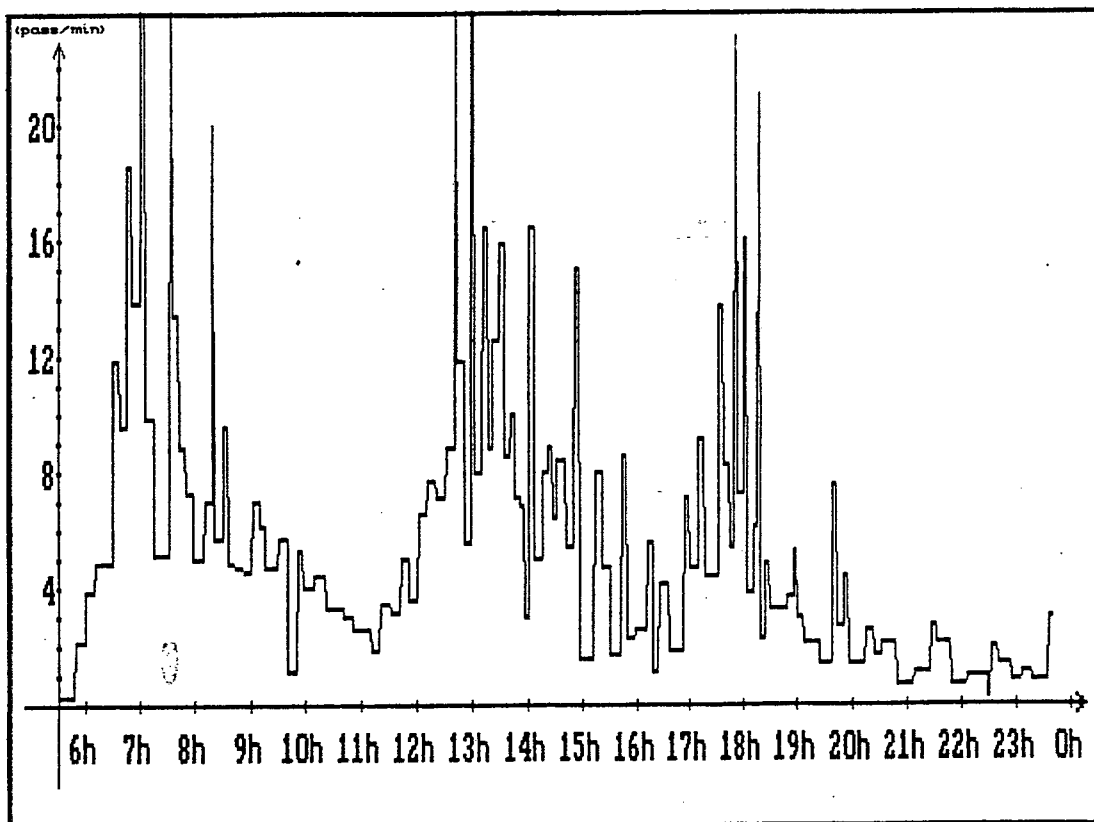
$$f_i = \frac{\sum_{j=i-n}^i pt_j}{h_i - h_{i-n}} \quad (2.2)$$

Onde:

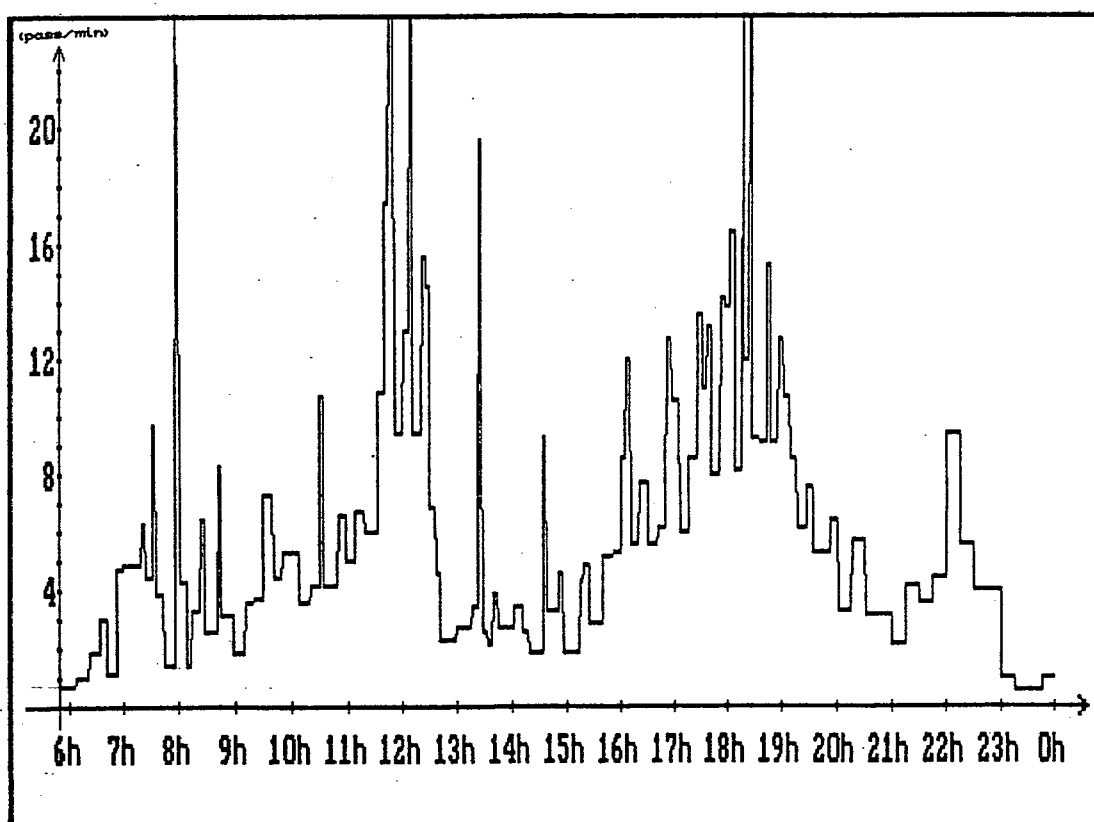
n : quantidade de intervalos nulos ($\Delta h=0$) consecutivos.

A Figura 2.2 mostra as distribuições típicas do fluxo de passageiros nos dois sentidos de uma linha radial de uma cidade de porte médio ao longo de um dia útil. No caso, trata-se da linha Abraão, de Florianópolis, com base em levantamento realizado em 30 de agosto de 1983. Esta linha passa a ser utilizada neste trabalho para ilustrar todas as análises realizadas.

Observe-se, primeiramente, a grande irregularidade das distribuições. Isto se deve, principalmente, ao fato de que a o-



(a) - Sentido Bairro-Centro



(b) - Sentido Centro-Bairro

Figura 2.2 - Distribuições Típicas do Fluxo de Passageiros
(Linha Abraão, 1983)

oferta não está ajustada à demanda levantada. Em vários momentos se observam fluxos muito pequenos em períodos longos seguidos de fluxos extremamente elevados em curtos períodos. Naturalmente, se os intervalos fossem mais equilibrados e sem alterações bruscas, o fluxo também o seria.

Apesar da irregularidade, pode-se distinguir nitidamente períodos em que a demanda é mais expressiva e outros em que ela é bastante reduzida. Esses períodos são conhecidos como *períodos típicos*. Aqueles de maior fluxo são chamados de *períodos de pico*, enquanto os de demanda reduzida, de *períodos de vale* - ou de *entre-pico*, quando ocorrem entre dois picos, e *fora-do-pico*, no início e no final da jornada.

No exemplo considerado os picos são bem pronunciados, o que evidencia a rigidez dos horários de início das principais atividades da cidade. Observe-se na Figura 2.2 (a), com a demanda no sentido bairro-centro, que o pico da manhã ocorre ao redor de 7h, refletindo a movimentação de trabalhadores que provavelmente iniciarão os serviços às 8h. Muitos deles voltam para casa ao meio-dia para o almoço - Figura 2.2 (b), retornando ao trabalho às 13h - Figura 2.2 (a). Finalmente, voltam novamente para casa ao final do trabalho, às 18h - Figura 2.2 (b). Pode-se também notar um movimento no sentido inverso (pela manhã e à tarde), o que mostra que existe uma oferta de empregos e/ou vagas para estudo no bairro. Por fim, observa-se o deslocamento de pessoas por volta das 22h, no sentido centro-bairro, referente ao retorno das atividades de estudo e lazer noturnos.

Muitas linhas, entretanto não apresentam movimentações tão expressivas entre 11h e 14h, o que mostra que nos locais servidos não é comum o hábito de almoçar em casa, geralmente devido

ao elevado tempo de viagem. Isto pode ser observado no exemplo da Figura A.2.1.2 do Anexo 2 (linha Porto Alegre - Alvorada, 1989).

O comportamento da demanda também se altera profundamente nos finais de semana. No exemplo da Figura A.2.1.11 do Anexo 2, a partir de um levantamento realizado em um sábado, nota-se um grande movimento no sentido bairro-centro no início do dia, enquanto o retorno se distribui por dois picos, o primeiro entre 11h 30min e 14h e o segundo entre 15h e 18h (linha Harmonia - TRENSURB, Região Metropolitana de Porto Alegre, 1989).

A oferta para atender as necessidades de deslocamento da população deverá ser calculada considerando todas as peculiaridades da linha e, portanto, de acordo com distribuição da demanda. Para tanto, deve-se obter uma estimativa que reflita a tendência geral do fluxo de passageiros, pela redução dos erros aleatórios e daqueles decorrentes da inadequação dos horários. Os diferentes modelos de estimação são descritos no item 2.2.

2.1.2- Flutuação Espacial da Demanda

A flutuação espacial da demanda mostra a variação da quantidade de passageiros no interior do veículo, conhecida como ocupação, nos trechos compreendidos entre dois pontos de parada consecutivos ao longo do itinerário da linha. Essas informações podem ser obtidas pela observação dos embarques e desembarques de passageiros em cada ponto, inclusive nos terminais, chegando-se às ocupações por diferenças (saldo). A Figura 2.3 mostra o princípio desta formulação.

O trecho hachurado corresponde à ocupação máxima, sendo chamado de *trecho crítico*. Geralmente, a ocupação crítica de uma

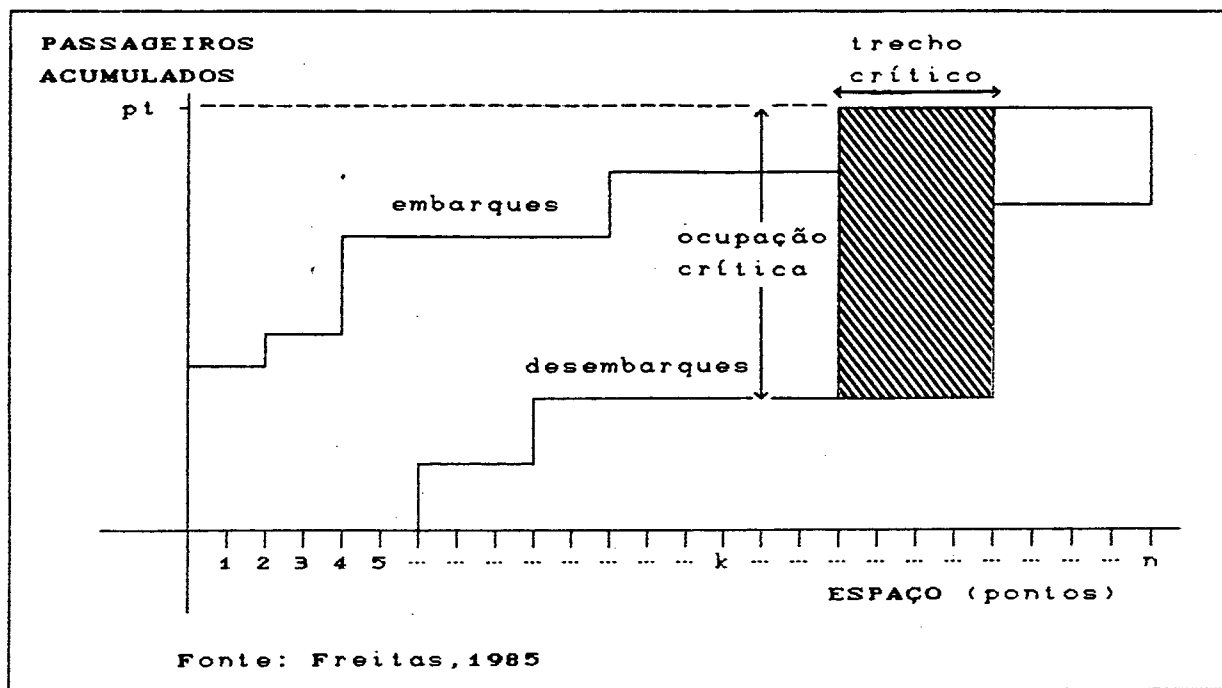


Figura 2.3 - Esquema da Flutuação Espacial da Demanda

viagem é menor do que a quantidade de passageiros nela transportados, o que significa que nem todos eles estavam no interior do veículo ao mesmo tempo. Isto sugere que se dimensione a linha pela ocupação crítica ao invés da quantidade total de passageiros transportados, evitando-se assim o seu superdimensionamento, o que representa economia de recursos. A rotatividade de passageiros é medida pelo índice de renovação, que é dado por:

$$ir_i = \frac{pt_i}{oc_i} \quad (ir_i \geq 1) \quad (2.3)$$

Onde:

- ir_i : índice de renovação da viagem i ;
- pt_i : passageiros transportados na viagem i ;
- oc_i : ocupação crítica da viagem i .

Desta forma, a demanda de projeto (corrigida), conhecida

como *fluxo de ocupação*, em um determinado instante j é dada por:

$$f'_j = \frac{f_j}{ir_j} \quad (2.4)$$

Onde:

f'_j : fluxo de ocupação no instante j (pass/min);

f_j : fluxo de passageiros no instante j (pass/min);

ir_j : índice de renovação no instante j .

A primeira vista, o índice de renovação constitui apenas um fator de correção para efeito de cálculo da oferta. Entretanto, pode-se aprofundar a análise para verificar o seu significado real. Assim, tem-se:

$$ir_i = \frac{pt_i}{oc_i} = \frac{pt_i + oc_i - oc_i}{oc_i} = 1 + \frac{pt_i - oc_i}{oc_i} = 1 + \frac{pd_i}{oc_i}$$

$$ir_i = 1 + rn_i \quad (2.5)$$

Onde:

pd_i : quantidade de passageiros que desembarcaram antes do trecho crítico da viagem i e embarcaram após o mesmo;

rn_i : renovação da viagem i .

Assim, a parcela do IR que ultrapassa a unidade mede a relação entre a quantidade total de desembarques antes do trecho crítico e embarques após o mesmo e a ocupação crítica, ou seja, a relação entre os passageiros que não estavam e aqueles que estavam no veículo no trecho crítico. Esta parcela é conhecida como *renovação de passageiros no interior do veículo*, geralmente expressa

em termos percentuais, constituindo um bom indicador para a análise das características da linha.

2.2- Modelos de Estimação da Demanda

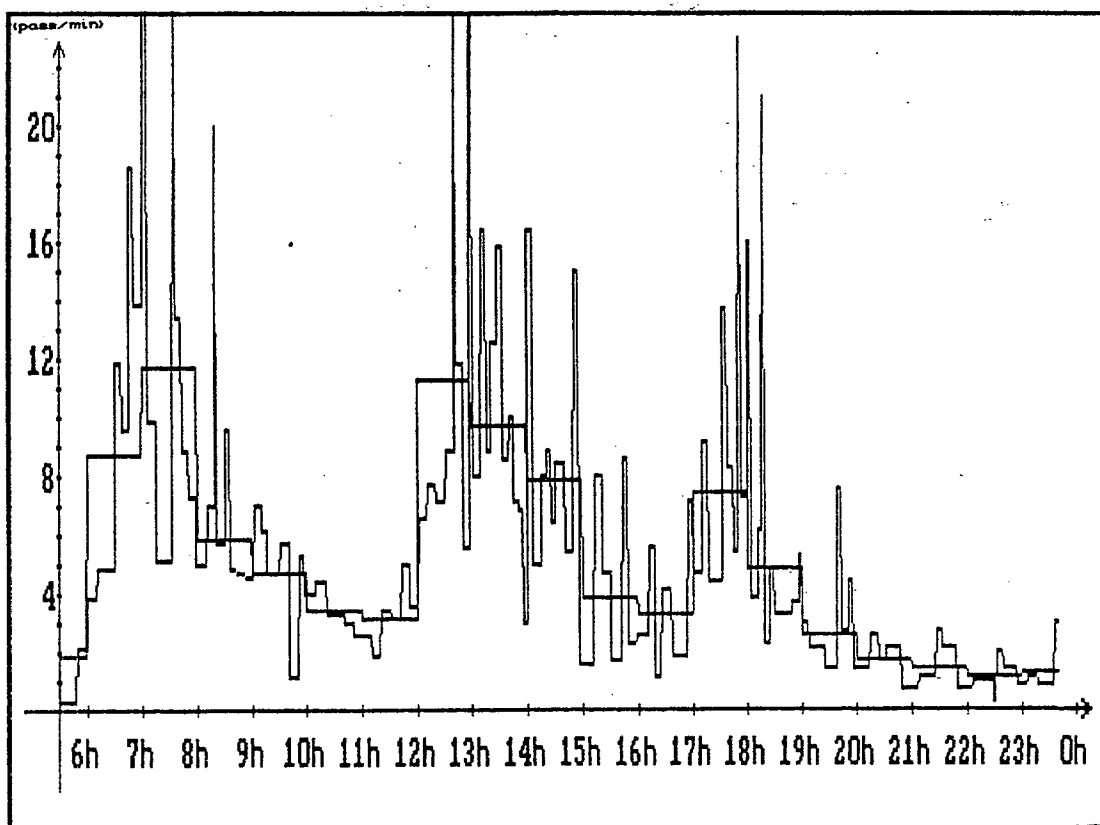
Existem muitos modelos de estimação da demanda em utilização pelos órgãos de gerência e operadores, quase a totalidade baseada na determinação dos limites dos períodos típicos, nos quais a demanda é admitida como constante e igual à média do fluxo de passageiros. Por esta característica, serão denominados, neste trabalho, de *modelos de períodos típicos de demanda constante - MPTDC*.

Estes modelos podem ser agrupados em quatro conjuntos que são descritos a seguir.

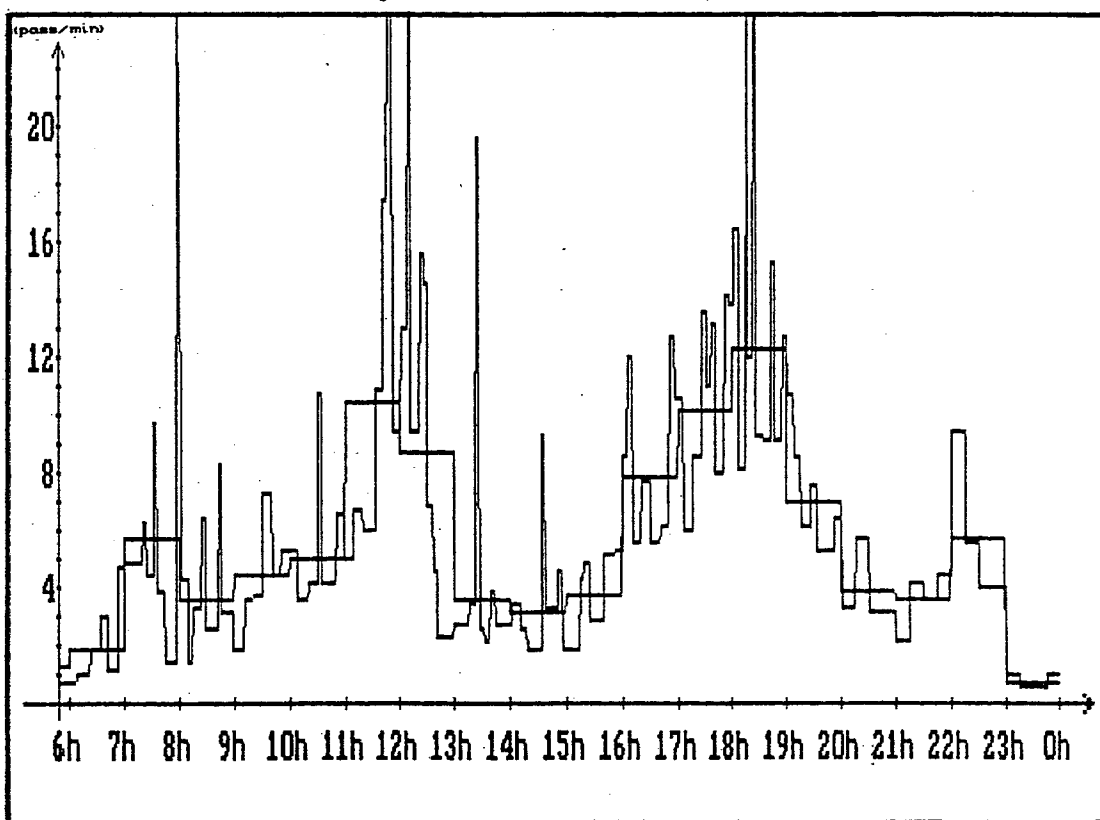
Destaque-se que, para uma melhor aproximação, além dos períodos típicos de pico e de vale, são geralmente considerados períodos intermediários, chamados de *pré-pico* e *pós-pico*.

2.2.1- Modelo Horário

Conforme descrito por Armando (1982), os períodos típicos têm a duração de uma hora, coincidentes com o horário oficial (*horas cheias*). São verificadas a quantidade de viagens que iniciam em cada período e os respectivos volumes de passageiros transportados. Considerando este modelo em termos de fluxo de passageiros, as estimativas da demanda do exemplo ilustrativo considerado (linha Abraão) passam a ser aquelas mostradas na Figura 2.4. A rigidez da duração dos períodos provoca, muitas vezes, a divisão dos períodos de pico, produzindo estimativas pouco preci-



(a) - Sentido Bairro-Centro



(b) - Sentido Centro-Bairro

Figura 2.4 - MPTDC - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros - Modelo Horário (Linha Abraão, 1983)

sas, normalmente subestimadas. Se, por exemplo, o período horário fosse deslocado em trinta minutos, as estimativas do exemplo passariam a ser aquelas mostradas na Figura 2.5. Como se pode observar, além de as estimativas serem muito diferentes, aquelas relativas às horas cheias são bem menos eficazes em relação às distribuições do fluxo entre viagens consecutivas. Assim, este modelo não deve ser utilizado indiscriminadamente para qualquer linha sem um bom conhecimento das respectivas características, uma vez que a oferta calculada poderá não refletir as reais necessidades dos usuários.

A flutuação espacial é determinada para cada período de uma hora, calculando-se valores médios através da seguinte expressão:

$$ir_j = \frac{\sum pt_i}{\sum oc_i} \quad (2.6)$$

Onde:

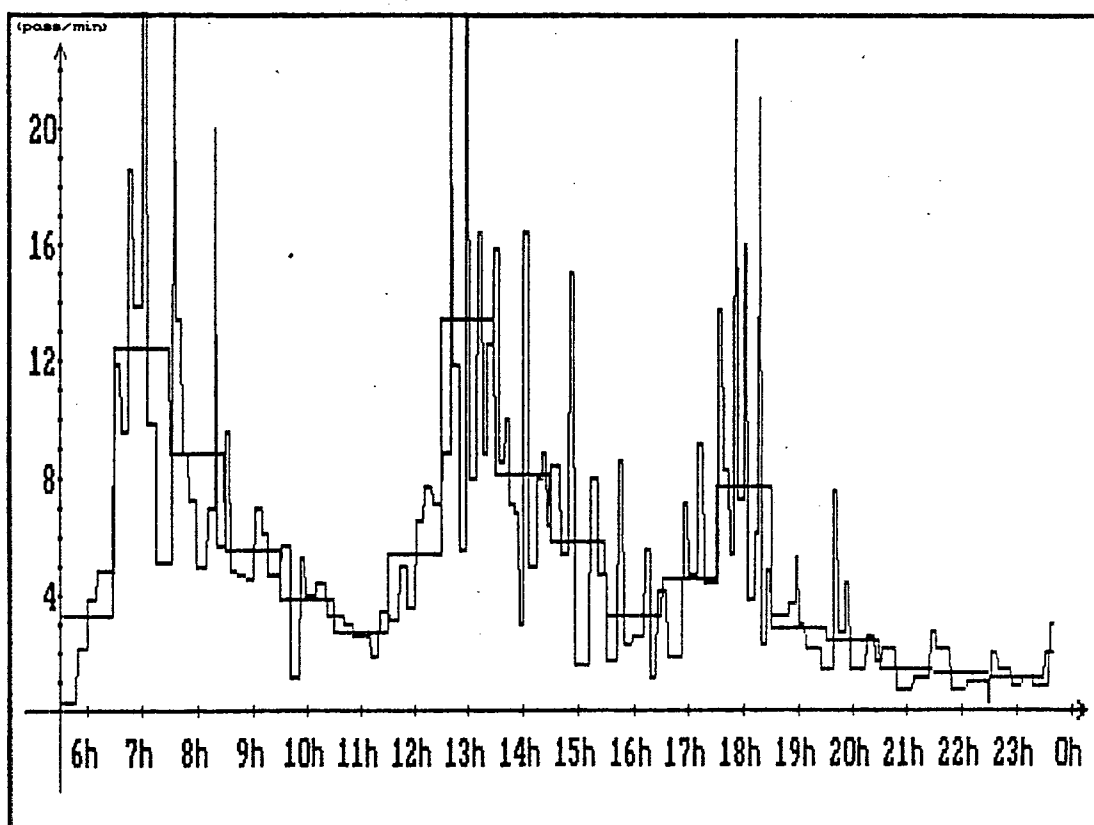
ir_j : índice de renovação do período típico j ;

pt_i : total de passageiros transportados na viagem i do período j ;

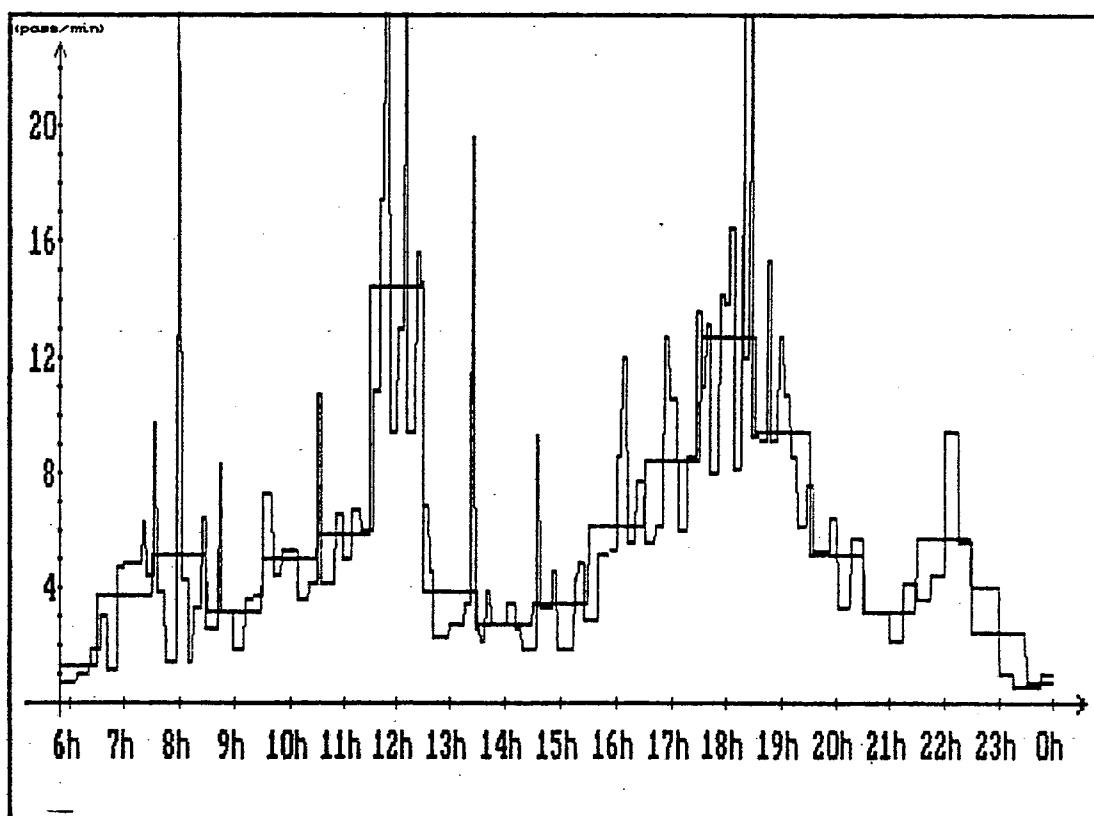
oc_i : ocupação crítica da viagem i do período j .

2.2.2- Modelo Numérico

Este modelo foi apresentado pela Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes - GEIPOT (Cruz, 1986) e se baseia na determinação dos limites dos períodos típicos, que não têm duração predeterminada, pela análise dos valores obtidos para o fluxo de passageiros e pelo conhecimento prévio do comportamento da linha



(a) - Sentido Bairro-Centro



(b) - Sentido Centro-Bairro

Figura 2.5 - MPTDC - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros - Modelo Horário Modificado (Linha Abraão, 1983)

estudada, o que é sempre útil. Por exemplo, sabe-se que uma determinada linha apresenta volumes elevados de passageiros nas primeiras horas da manhã no sentido bairro-centro: o período de pico é identificado, então; pelos valores mais elevados do fluxo de passageiros.

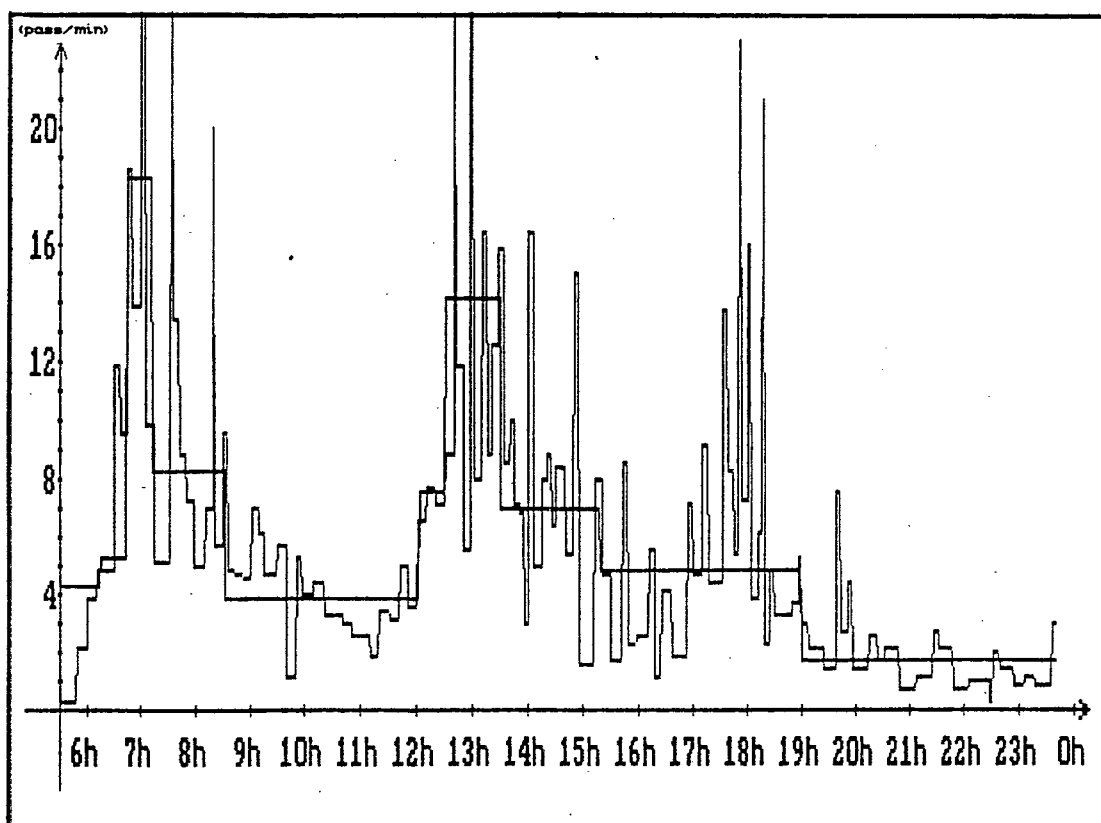
Quando há muita irregularidade da oferta, alguns intervalos pequenos são agrupados de acordo com a expressão 2.2, para uma análise mais consistente. A Figura 2.6 mostra as estimativas obtidas para a linha Abraão através deste modelo, determinadas pelo GEIPOT (1984).

Observe-se que a divisão feita, embora mais representativa do que aquela do modelo anterior, ainda é pouco precisa, devido à pouca sensibilidade em relação a variações mais sutis. Isto se deve ao fato de a divisão depender do caráter subjetivo que o projetista pode emprestar. Em outras palavras, dois projetistas, analisando independentemente um mesmo caso, podem chegar a divisões diferentes.

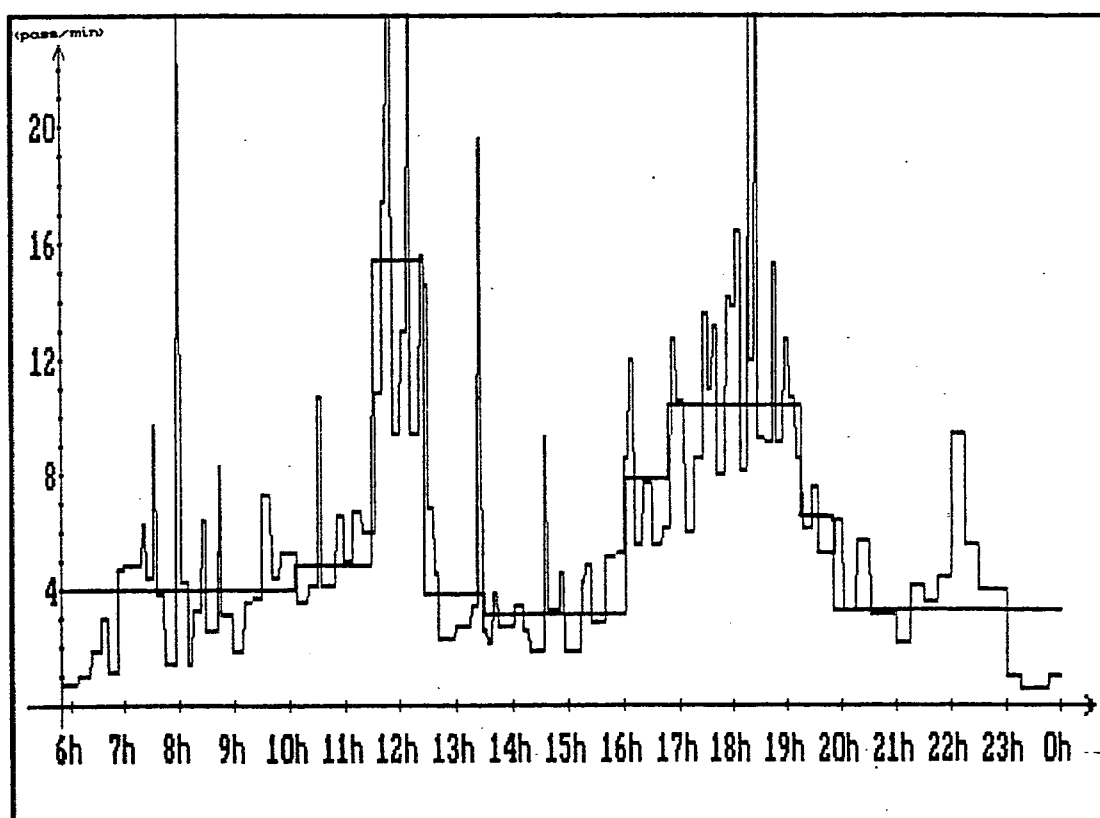
Merece destaque o fato de esta divisão ter ignorado a existência do terceiro pico no sentido bairro-centro por volta das 18h - Figura 2.6 (a) - e também do primeiro no sentido oposto, logo após as 7h - Figura 2.6 (b). Além disso, por longos períodos a estimativa está além ou aquém da real, podendo levar a um sub ou superdimensionamento da oferta nos mesmos.

Saliente-se, também, que o modelo, conforme está descrito, não prescinde da avaliação gráfica.

Aqui também é calculado um índice de renovação médio para cada período típico.



(a) - Sentido Bairro-Centro



(b) - Sentido Centro-Bairro

Figura 2.6 - MPTDC - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros - Modelo Numérico (Linha Abraão, 1983)

2.2.3- Modelo do Volume Horário em Períodos de Quinze Minutos

Este modelo foi desenvolvido por Lompa (1988) para um *software* de dimensionamento da oferta. É calculado o total de passageiros transportados nas viagens com horários de partida contidos em cada intervalo de uma hora (volume horário), com uma defasagem de 15 minutos. Isto significa uma variação do modelo horário, na tentativa de contornar os problemas de divisão dos períodos de pico.

Em termos de fluxo de passageiros por minuto, as estimativas para o exemplo considerado teriam a forma mostrada na Figura 2.7. Como se pode notar, elas estão muito mais próximas da distribuição original do que aquelas que utilizam os modelos anteriores.

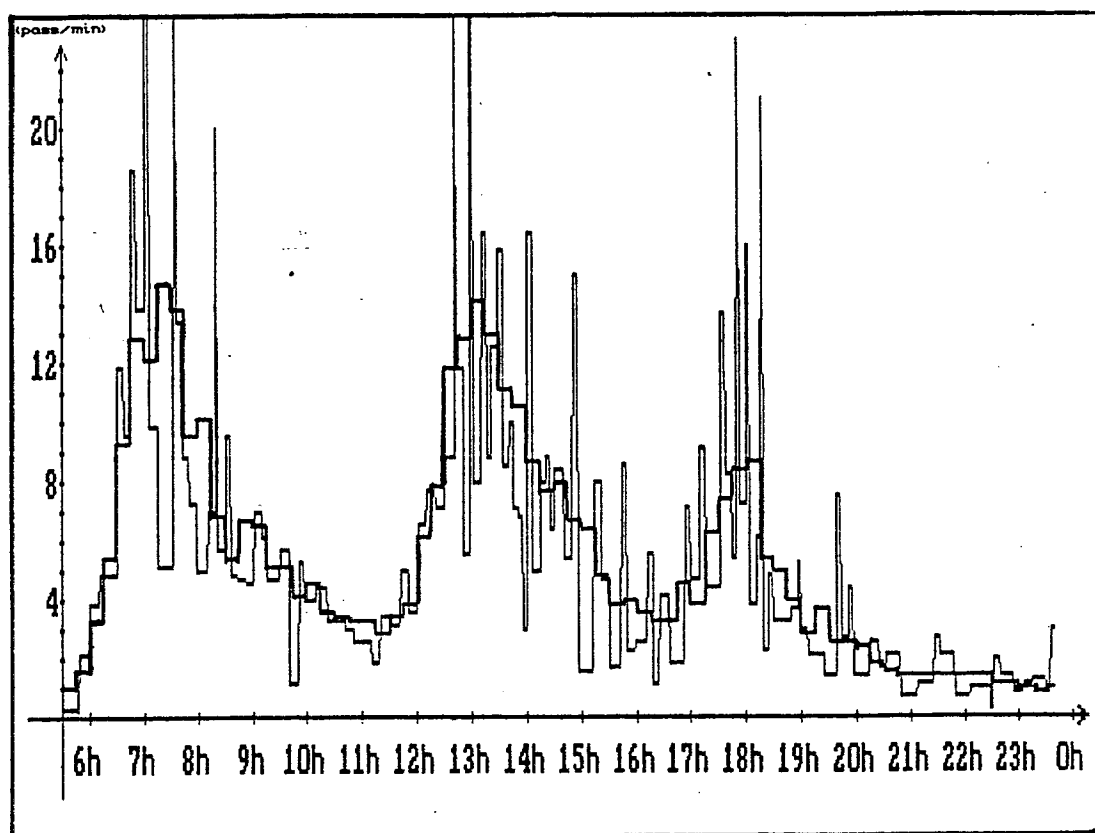
Entretanto, o modelo usa as estimativas gráficas apenas para uma definição mais precisa, ainda que subjetiva, dos períodos típicos tradicionais, sendo o resultado semelhante ao modelo anterior.

A flutuação espacial da demanda é também dada pela média dos índices de renovação de cada período.

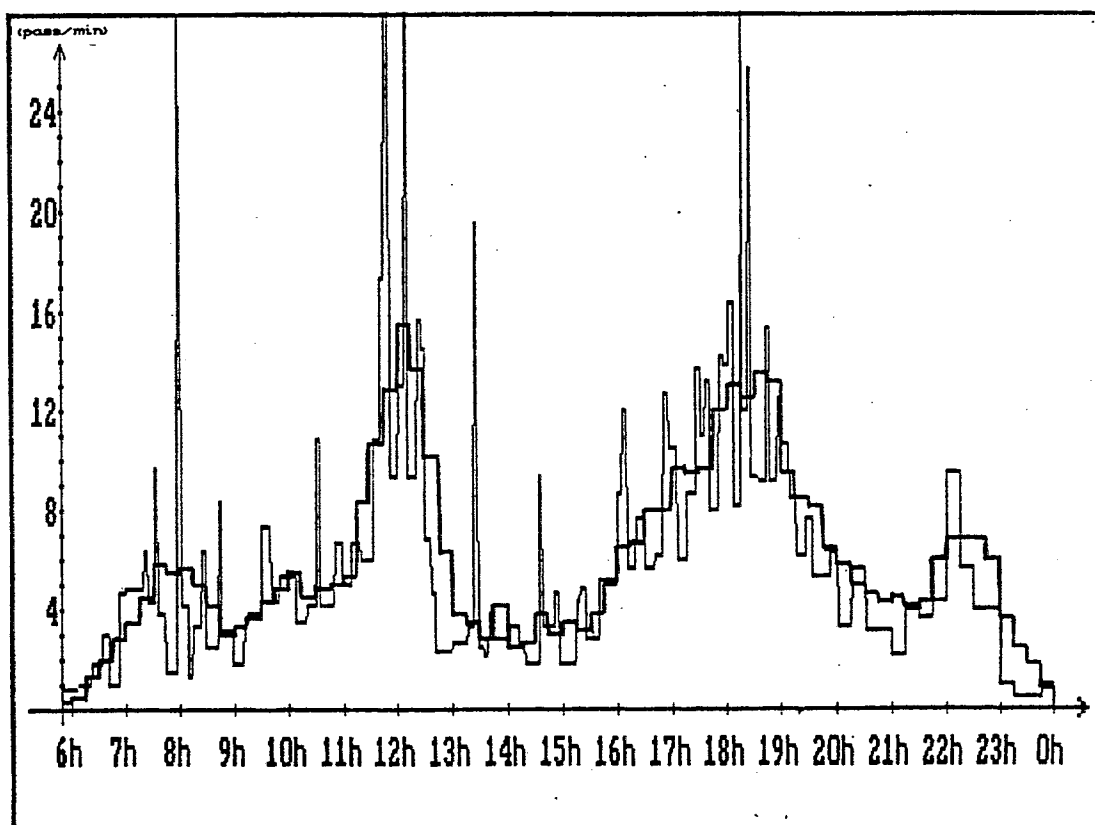
2.2.4 - Modelo da CET

O modelo da CET, descrito por Freitas (1985), consiste em uma sequência de cálculos para a determinação dos limites dos períodos típicos que dispensa a decisão subjetiva do projetista.

Considera inicialmente o que denomina *alisamento da demanda*, que consiste em detectar os períodos de um sentido de operação em que ocorrem distorções no número de passageiros transpor-



(a) - Sentido Bairro-Centro



(b) - Sentido Centro-Bairro

Figura 2.7 - MPTDC - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros - Modelo do Volume Horário em Períodos de Quinze minutos (Linha Abraão, 1983)

tados na viagem, devido a variações abruptas na frequência de oferta. Isto é feito pela aplicação do conceito de intervalo relativo, que é dado por:

$$itr_i = \frac{\Delta h_i}{\Delta h_{i+1}} \quad (2.7)$$

Onde:

itr_i : intervalo relativo da viagem i .

A fonte informa que os valores dos intervalos relativos que indicam as distorções apontadas foram determinados na prática, sem, no entanto, apresentar que valores são estes ou a forma como foram obtidos. Isto impede uma simulação para o exemplo considerado e, conseqüentemente, a comparação do modelo com os demais.

De qualquer forma, em cada um desses períodos, é calculado o fluxo médio de passageiros, de acordo com a expressão 2.2.

Em seguida, divide-se, por sentido, o período de operação em m períodos iguais e de tamanhos suficientes para que os fluxos calculados sejam representativos dos períodos. Novamente, não existe qualquer informação a respeito da duração destes m períodos ou a sua forma de obtenção.

Os períodos típicos são determinados pela agregação de dois ou mais períodos consecutivos dos m considerados, desde que os respectivos fluxos estejam contidos dentro de certos limites máximos e mínimos do fluxo de passageiros. Estas restrições, de duas naturezas distintas, são calculadas através de:

- Em função dos níveis de ocupação máximo e mínimo:

$$f'_{\min} = \frac{OC_{\min} \times f'_{\text{médio}}}{OC_{\text{médio}}} \quad (2.8)$$

$$f'_{\max} = \frac{OC_{\max} \times f'_{\text{médio}}}{OC_{\text{médio}}}$$

- Em função dos intervalos máximo e mínimo entre viagens admitidos:

$$f'_{\min} = f'_{\text{médio}} \times \left\{ 1 - \frac{X}{(X+1)(X-1)} \right\} \quad (2.9)$$

$$f'_{\max} = f'_{\text{médio}} \times \left\{ 1 + \frac{X}{(X+1)(X-1)} \right\}$$

Onde:

X: denominador da fração do intervalo acima ou abaixo do intervalo médio admitido no período (min).

Entretanto, a fonte não explicita com clareza os procedimentos de utilização destes limites (o que poderia ser feito através de um algoritmo, por exemplo), impossibilitando a compreensão do processo.

2.3- Seleção da Amostra

Para o estabelecimento da proposta deste trabalho, foi necessário selecionar uma amostra de linhas de ônibus que contivesse a maior variedade possível de situações reais.

Foi possível obter levantamentos realizados entre 1983 e 1989 em uma cidade de porte médio (Uberlândia/Minas Gerais), um a-

glomerado urbano (Florianópolis/Santa Catarina) e uma região metropolitana (Porto Alegre/Rio Grande do Sul), executados pela Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes - GEIPOT, Empresa de Trens Urbanos de Porto Alegre - TRENSURB, Fundação Metropolitana de Planejamento - METROPLAN e Prefeituras Municipais de Florianópolis e Uberlândia.

Do conjunto de 143 linhas, foram selecionadas 22, o que corresponde a um total de 40 distribuições da demanda, com as seguintes características gerais:

- A nível de demanda: de 447 pass./dia (pequena demanda) até 16.723 pass./dia (alta demanda);
- A nível de forma de operação: linhas radiais, circulares e diametrais;
- A nível de dia da semana do levantamento: dias úteis e sábados.

O Quadro 2.1 apresenta as principais características das das linhas incluídas na amostra.

Para a análise da flutuação espacial da demanda, foi necessário selecionar uma nova amostra, mais ampla, com a inclusão de outras linhas do Aglomerado Urbano de Florianópolis (Quadro 2.2) e com a exclusão das linhas da Região Metropolitana de Porto Alegre, que apresentaram um comportamento muito específico, como se verá no item seguinte.

LINHA	LOCAL	TIPO	DATA DO LEVANTAMENTO	DIA DA SEMANA	DEMANDA (passageiros/dia)		
					BC	CB	TOTAL
Abraão	Florianópolis/SC	radial	30/ago./1983	terça-feira	5.685	6.099	11.783
Agronômica	Florianópolis/SC	radial	15/malo/1984	terça-feira	4.130	4.401	8.531
Alvorada	R. M. Porto Alegre/RS	radial	22/jun./1989	quinta-feira	5.593	6.871	12.464
Barreiros	Grande Florianópolis/SC	radial	31/ago./1983	quarta-feira	5.053	5.098	10.151
Capoeiras	Florianópolis/SC	radial	23/ago./1983	terça-feira	7.729	6.479	14.208
Circular 108	Florianópolis/SC	circular	15/malo/1984	terça-feira	—	—	532
Circular 109	Florianópolis/SC	circular	15/malo/1984	terça-feira	—	—	447
Circular 121	Florianópolis/SC	circular	22/ago./1983	segunda-feira	—	—	490
Circular 122	Florianópolis/SC	circular	22/ago./1983	segunda-feira	—	—	538
Cruzeiro	Uberlândia/MG	circular	19/ago./1988 25/abr./1989	sexta-feira terça-feira	—	—	3.031 3.062
Expresso UFSC	Florianópolis/SC	radial	17/malo/1984	quinta-feira	5.081	6.035	11.096
Harmonia	R. M. Porto Alegre/RS	radial	9/jun./1989	sábado	1.890	1.491	3.381
Interior-Industrial	R. M. Porto Alegre/RS	radial	9/jun./1989	sábado	3.069	2.687	5.756
Jardim Eldorado	Grande Florianópolis/SC	radial	29/ago./1983	segunda-feira	1.623	1.364	2.987
Jardim Nossa Senhora Aparecida	R. M. Porto Alegre/RS	radial	22/jun./1989	quinta-feira	3.697	3.411	7.108
Jardim Porto Alegre	R. M. Porto Alegre/RS	radial	22/jun./1989	quinta-feira	1.901	1.578	3.479
Maracanã	R. M. Porto Alegre/RS	radial	9/jun./1989	sábado	851	901	1.752
Palhoça	Grande Florianópolis/SC	radial	20/set./1983	terça-feira	2.454	2.543	4.997
Rodoviária-Tubalina	Uberlândia/MG	circular	23/ago./1983 26/abr./1989	terça-feira quarta-feira	—	—	3.364 3.294
Santo Amaro da Imperatriz	Grande Florianópolis/SC	radial	4/out./1983	terça-feira	1.765	2.201	3.966
Umuarama-Luizote	Uberlândia/MG	diametral	20/abr./1989	quinta-feira	9.353	7.470	16.823
Vila São João	Florianópolis/SC	radial	9/out./1983	quarta-feira	3.664	3.628	7.292

Quadro 2.1 - Características das Linhas Estudadas

CFlutuação Temporal da Demanda

LINHA	LOCAL	DEMANDA (pass/dia)
Bela Vista I	Grande Florianópolis/SC	10.567
Bela Vista II	Grande Florianópolis/SC	1.657
Bairro Ipiranga	Grande Florianópolis/SC	3.253
Caminho Novo	Grande Florianópolis/SC	2.059
Córrego Grande	Florianópolis/SC	3.843
Costeira do Pirajubaé	Florianópolis/SC	5.726
Flor de Nápoles	Grande Florianópolis/SC	1.327
Forquilha	Grande Florianópolis/SC	8.536
Inglezes	Florianópolis/SC	1.914
Itacorubi	Florianópolis/SC	2.978
Monte Verde	Florianópolis/SC	3.655
Pântano do Sul	Florianópolis/SC	2.714
Ponte do Imaruim	Grande Florianópolis/SC	4.059
Saco dos Limões	Florianópolis/SC	4.460
Saco Grande	Florianópolis/SC	2.572
São José	Grande Florianópolis/SC	6.087
São José - Palhoça	Grande Florianópolis/SC	1.433
Tapera	Florianópolis/SC	1.841

Fonte: Núcleo de Transportes da PM Florianópolis

Quadro 2.2 - Características das Linhas Estudadas
(Flutuação Espacial da Demanda)

2.4- Modelo Proposto

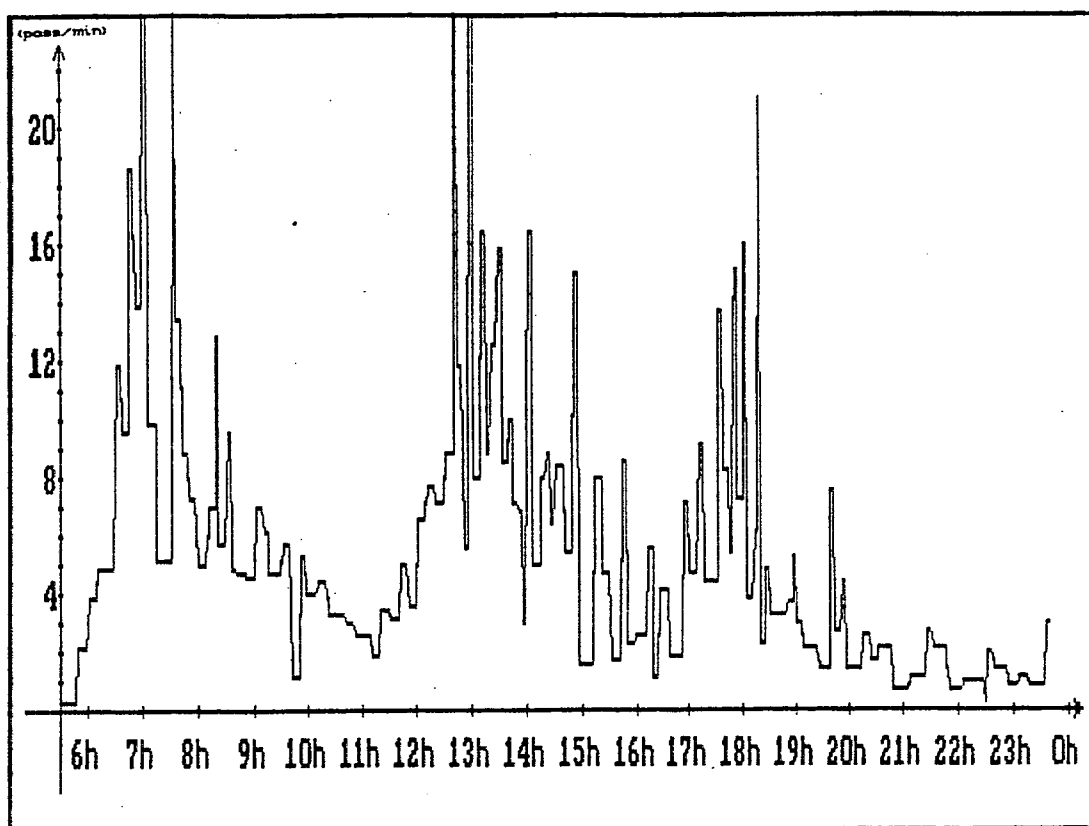
2.4.1- Flutuação Temporal da Demanda

Conforme pôde-se constatar da análise dos modelos em utilização, é possível eliminar-se total ou parcialmente os erros aleatórios (ruído) da distribuição do fluxo de passageiros, substituindo-se os valores levantados em um determinado período pela respectiva média.

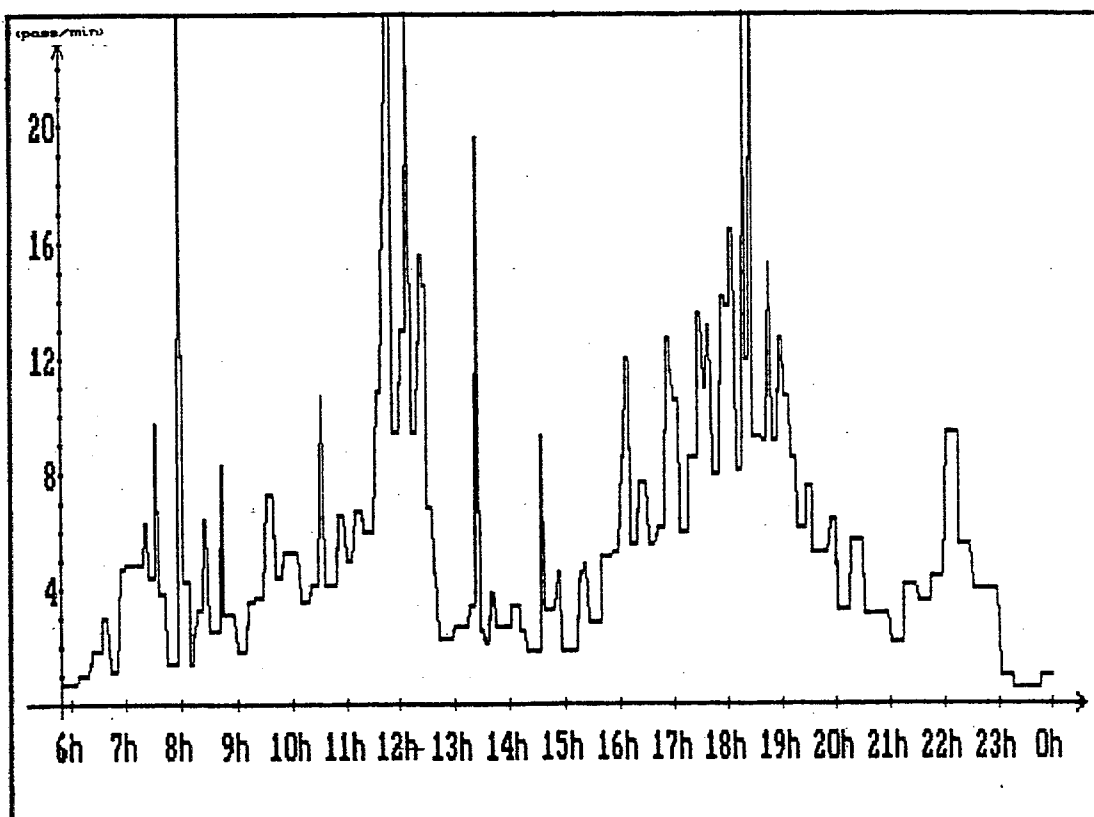
Da incerteza do método horário em relação aos períodos de pico à interessante aproximação de Lompa, pode-se constatar que, quanto menor o intervalo adotado, mais ajustada fica a estimativa. Naturalmente, deve existir um limite ótimo à esquerda, de modo que os erros mais grosseiros possam ser eliminados, salientando a tendência geral da distribuição. Como se pode observar na sequência das Figuras 2.8 a 2.12, que inicia com um intervalo pequeno, de dois minutos, à medida que este intervalo aumenta, diminuem os maiores afastamentos. Quando atinge dez minutos de intervalo, ainda é grande a irregularidade, mas já se pode perceber claramente os períodos típicos, embora a estimativa de Lompa ainda esteja mais ajustada. Desta forma, ainda é possível buscar uma aproximação melhor.

Este processo inicial pode ser chamado de *alisamento*, para manter a denominação adotada por Freitas (1985), e visa eliminar os erros decorrentes da inadequação dos horários existentes.

Para atingir o objetivo de estabelecer a melhor estimativa, considere-se a distribuição das médias de intervalos de dez minutos. Quer-se obter uma estimativa contínua do fluxo de passageiros, de modo que não seja necessário estabelecer limites para

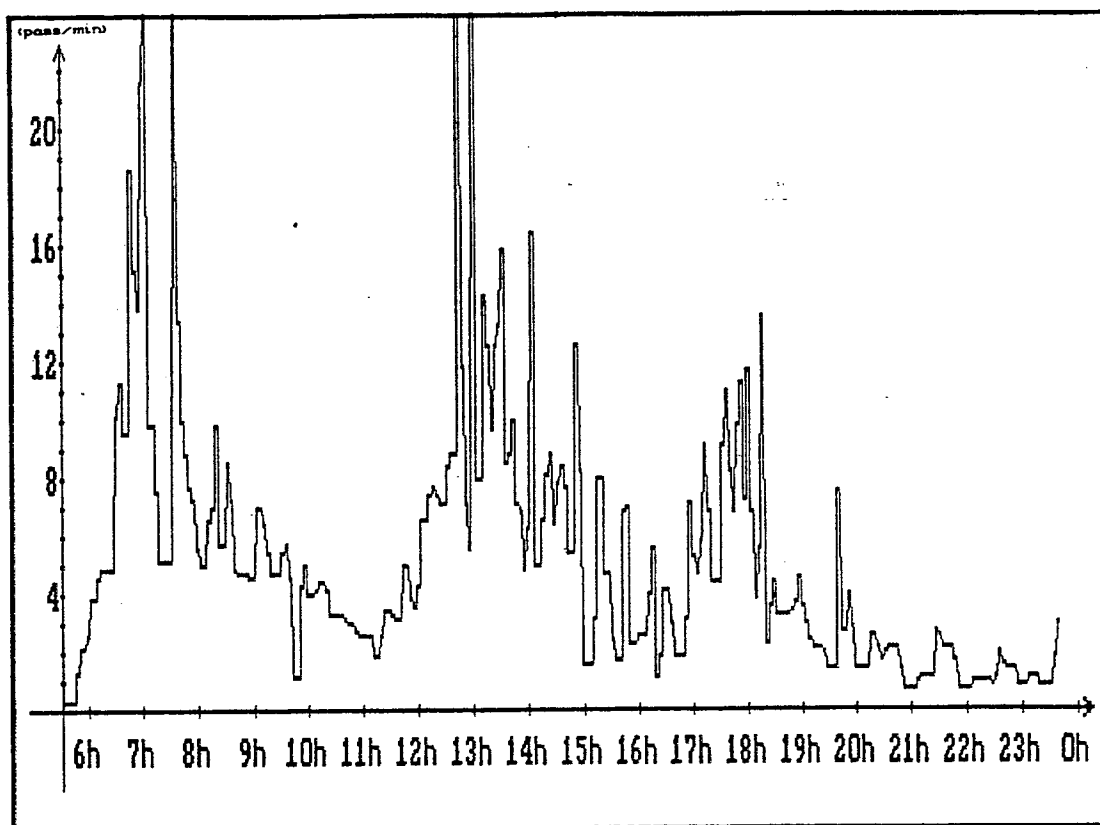


(a) - Sentido Bairro-Centro

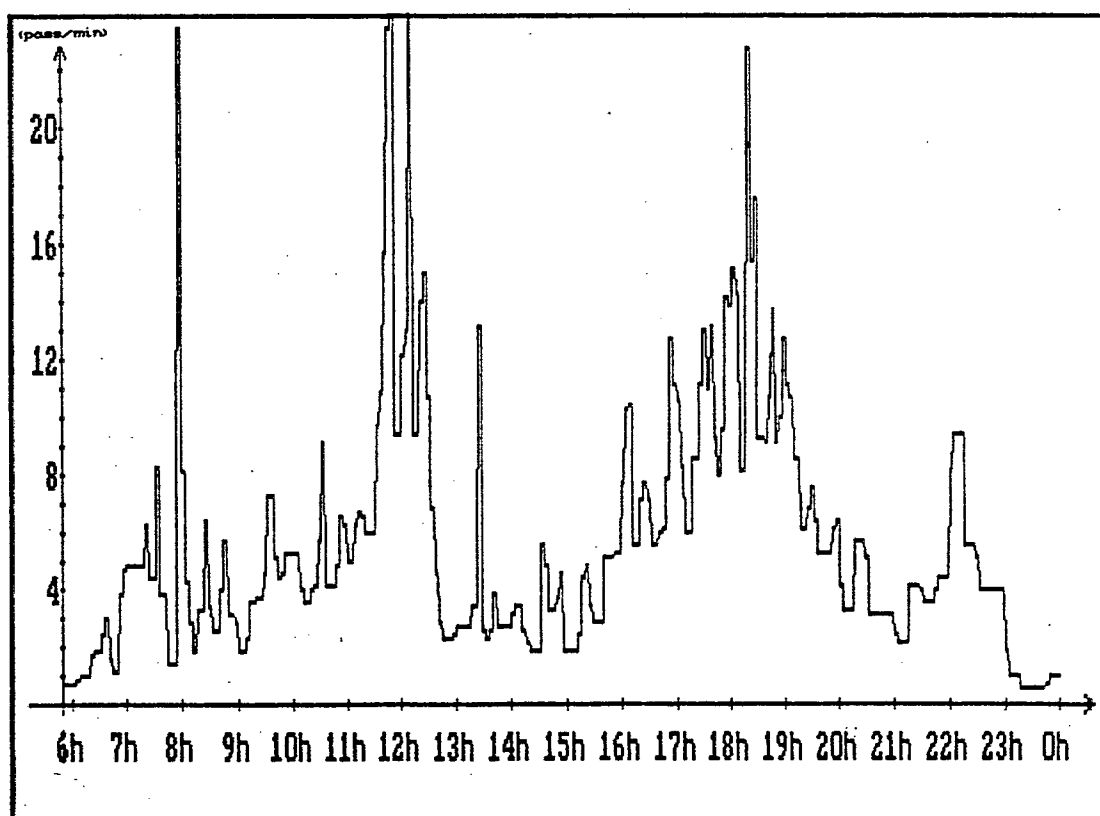


(b) - Sentido Centro-Bairro

Figura 2.8 - Distribuições do Fluxo de Passageiros em Períodos de de Dois Minutos (Linha Abraão, 1983)

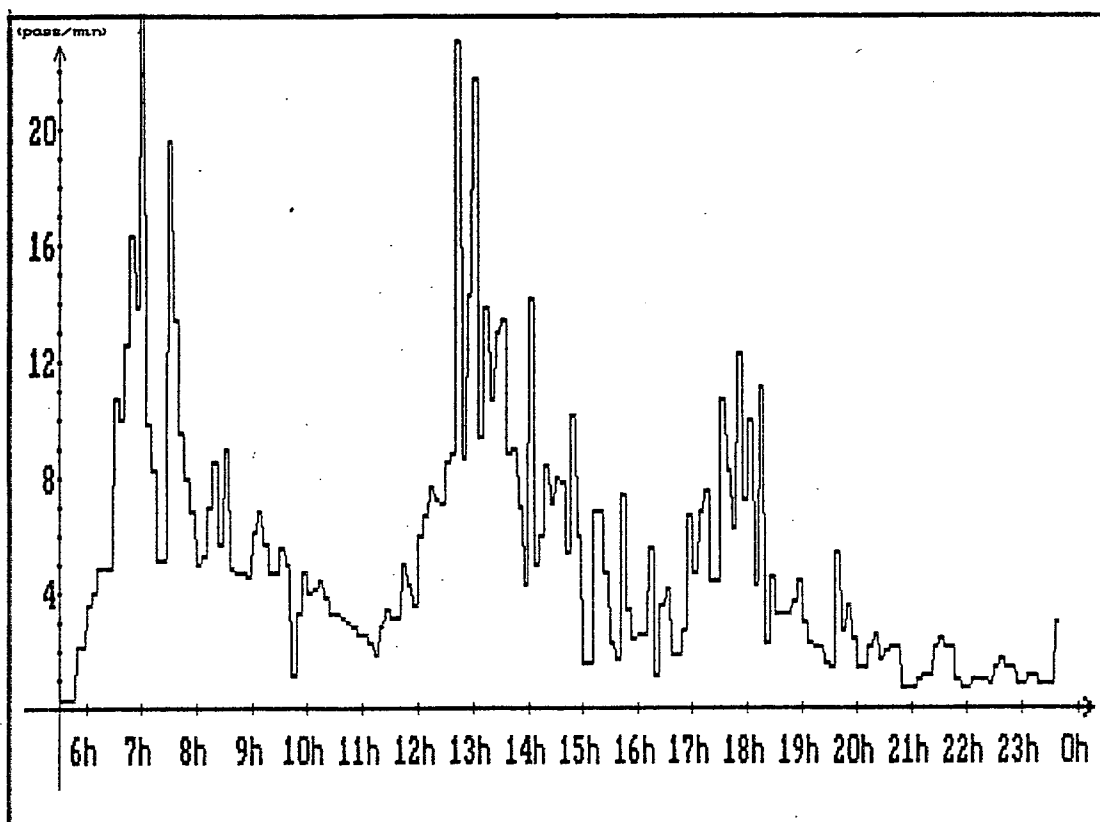


(a) - Sentido Bairro-Centro

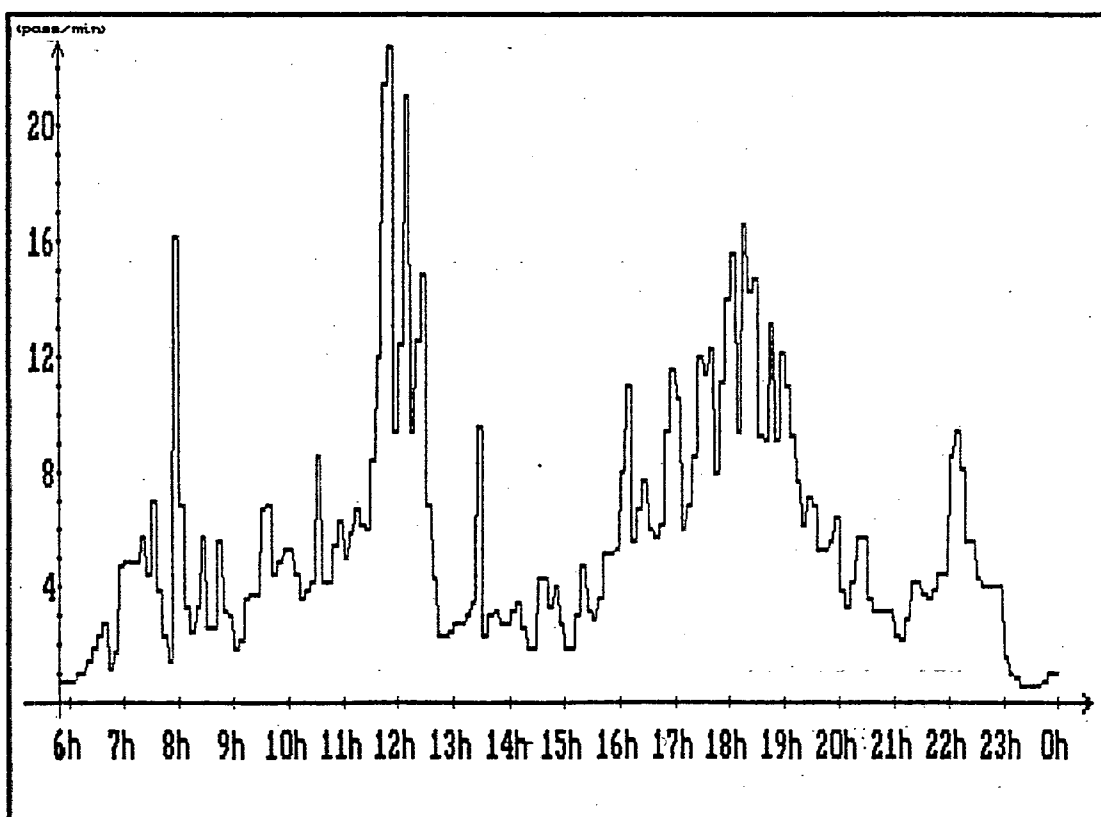


(b) - Sentido Centro-Bairro

Figura 2.9 - Distribuições do Fluxo de Passageiros em Períodos de Quatro Minutos (Linha Abraão, 1983)

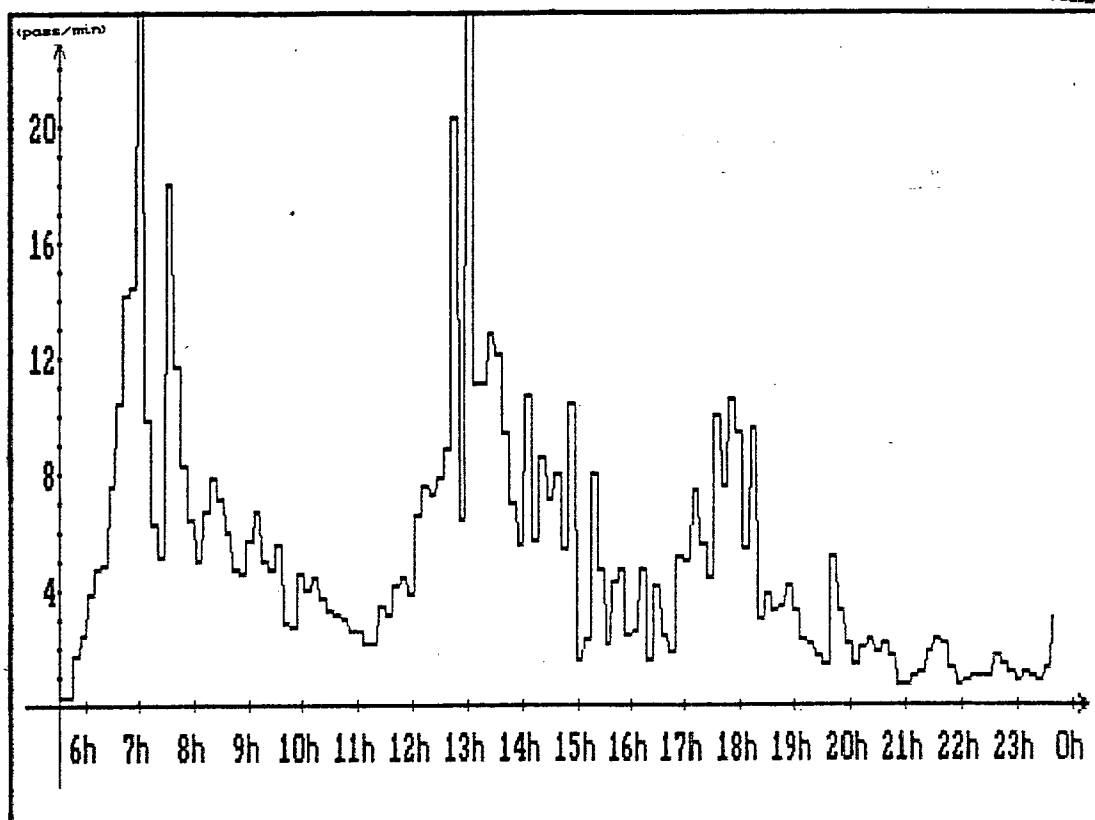


(a) - Sentido Bairro-Centro

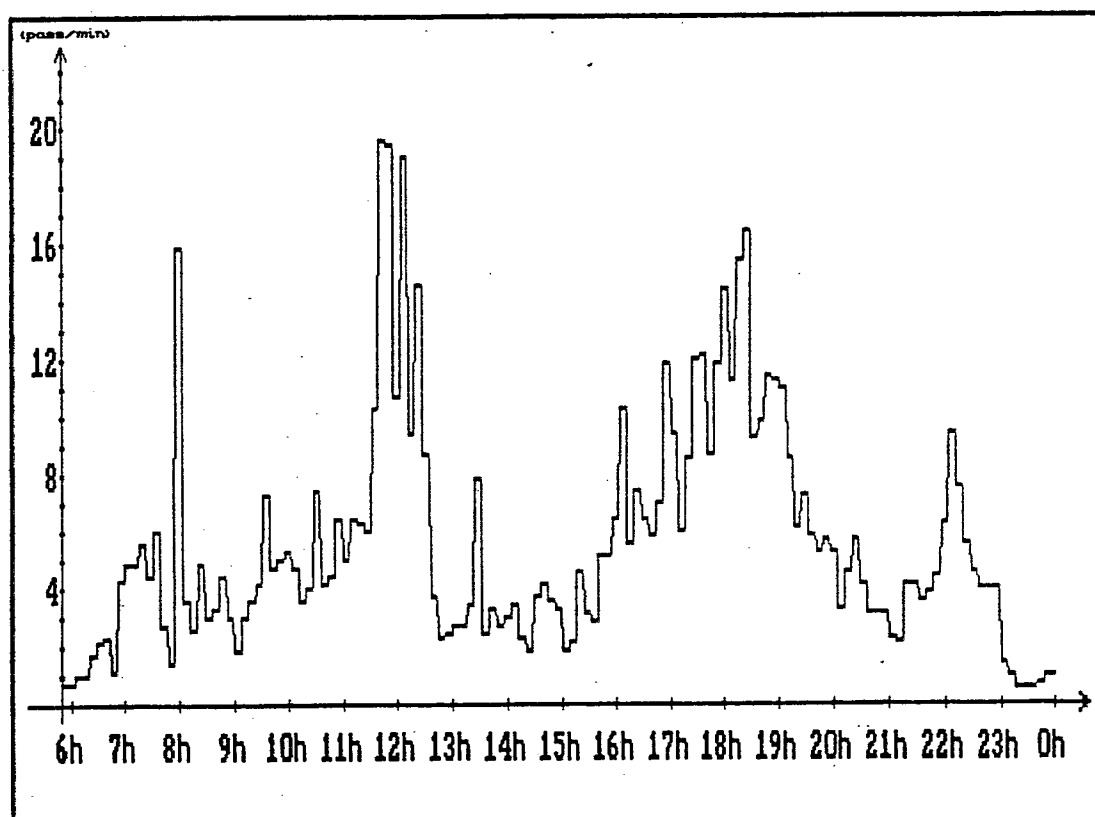


(b) - Sentido Centro-Bairro

Figura 2.10 - Distribuições do Fluxo de Passageiros em Períodos de de Seis Minutos (Linha Abraão, 1983)

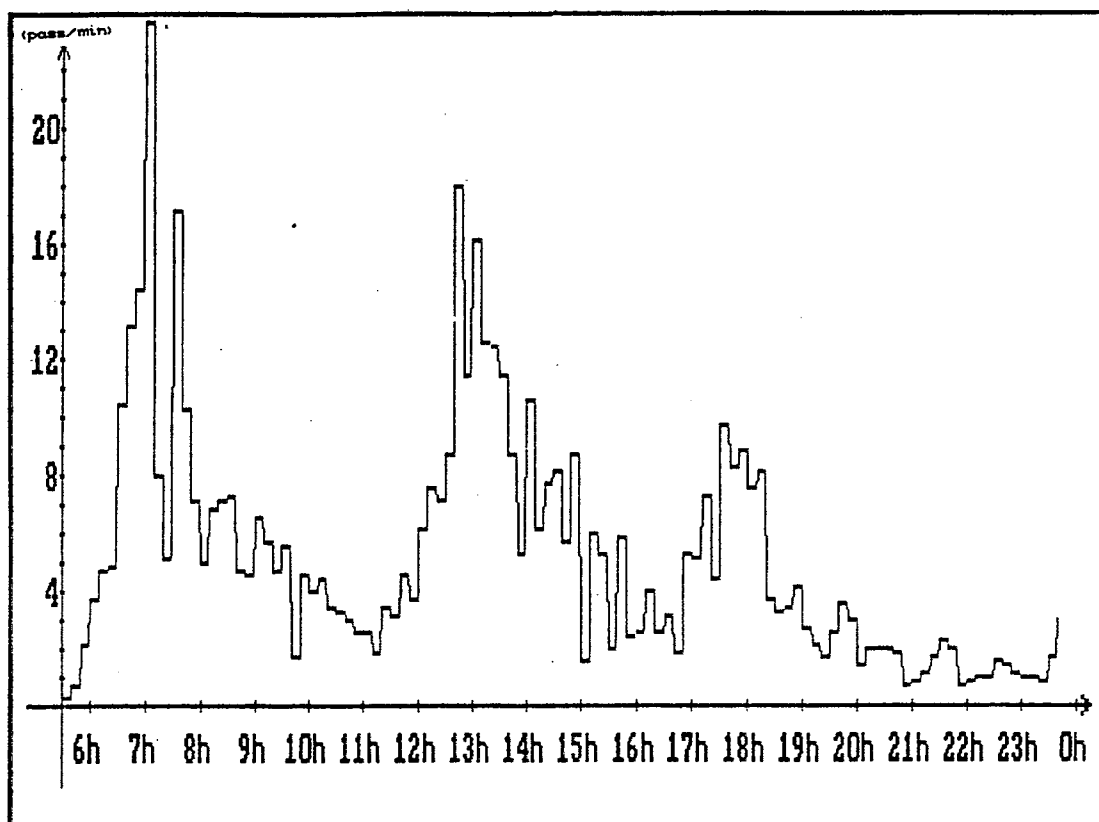


(a) - Sentido Bairro-Centro

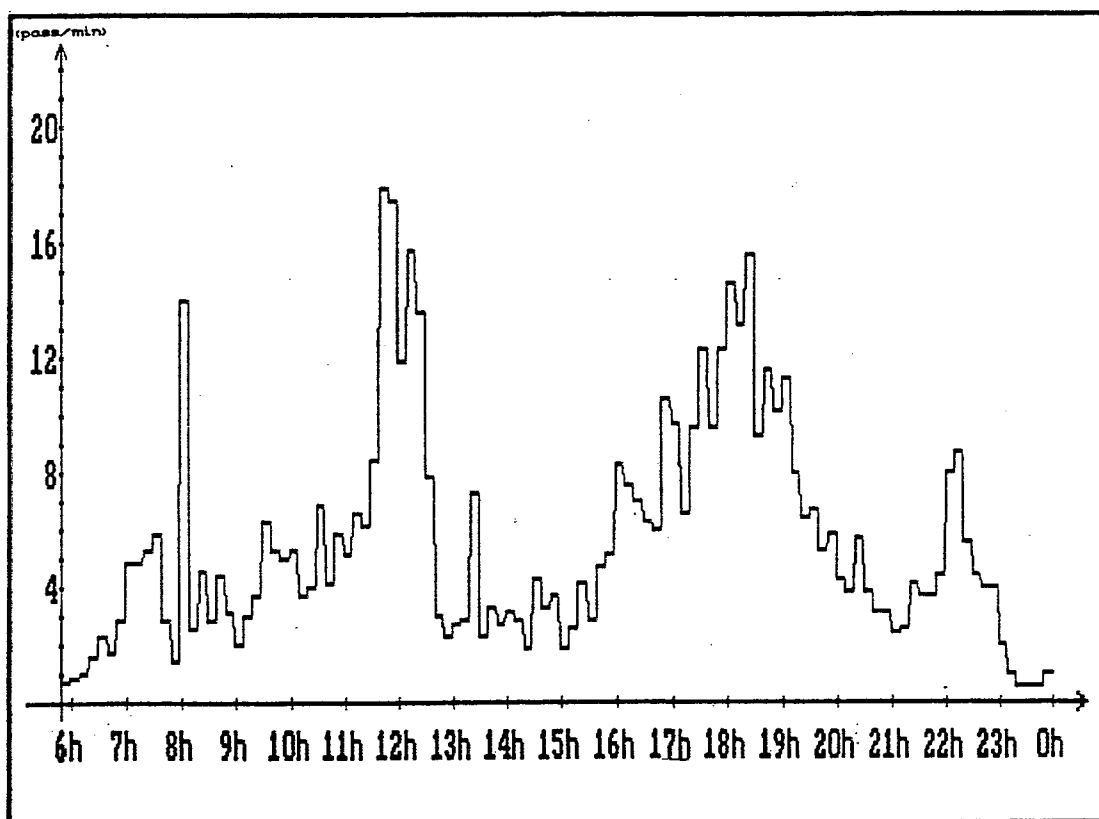


(b) - Sentido Centro-Bairro

Figura 2.11 - Distribuições do Fluxo de Passageiros em Períodos de Oito Minutos (Linha Abraão, 1983)



(a) - Sentido Bairro-Centro



(b) - Sentido Centro-Bairro

Figura 2.12 - Distribuições do Fluxo de Passageiros em Períodos de de Dez Minutos (Linha Abraão, 1983)

os períodos típicos, fazendo com que o processo de cálculo não sofra solução de continuidade. Por isso, este método pode ser chamado de *modelo de demanda variável* (MDV).

Para tanto, considere-se a distribuição obtida como uma série temporal discreta não estacionária, a partir da qual se deseja determinar a tendência pela eliminação dos erros remanescentes.

Esta consideração envolve o conceito de *sistema dinâmico*, caracterizado por uma série de entrada, $x(t)$, uma série de saída, $z(t)$, e uma *função de transferência*, $v(t)$, conforme mostra a Figura 2.13.

A série de saída pode ser como a seguinte:

$$Z(t) = T(t) + S(t) + A(t) \quad (2.10)$$

Onde:

$Z(t)$: série de saída;

$T(t)$: tendência da série;

$S(t)$: sazonalidade da série;

$A(t)$: componente aleatória (ruído).

A componente sazonal não será estudada, uma vez que o trabalho se atém unicamente a uma situação determinística, conforme mencionado anteriormente; a componente aleatória é considerada

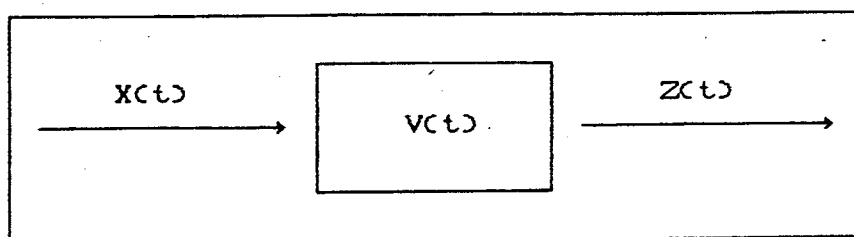


Figura 2.13- Conceito de Sistema Dinâmico

como tendo média igual a zero e variância constante, o que faz com que qualquer alteração no tempo influencie apenas a parte determinística.

Para a estimação da tendência, pode-se ajustar uma função do tempo, como um polinômio ou outra função suave de t , ou então suavizar (ou filtrar) os valores da série ao redor de um ponto, para estimar a tendência neste ponto. A análise destas duas situações é descrita a seguir.

2.4.1.1 Modelos Polinomiais

Neste caso, adotou-se um polinômio de grau variável, utilizando-se dois modelos para sua determinação.

O primeiro modelo é o dos *mínimos quadrados*, cuja formulação é a seguinte:

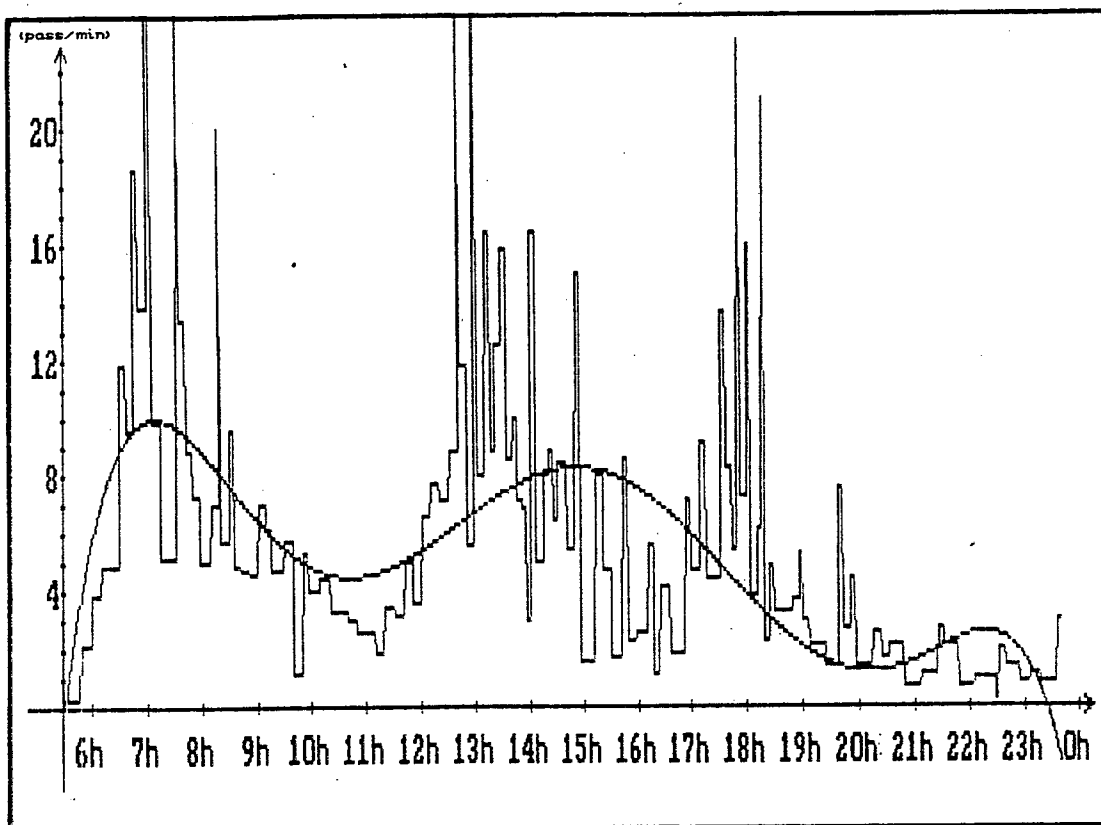
$$\text{Minimizar } K = \sum_{t=1}^n d_t^2 = \sum_{t=1}^n (p_t - z_t)^2 = \quad (2.11)$$

$$= \sum_{t=1}^n (p_t - a_0 - a_1 t - a_2 t^2 - \dots - a_q t^q - \dots - a_s t^s)^2$$

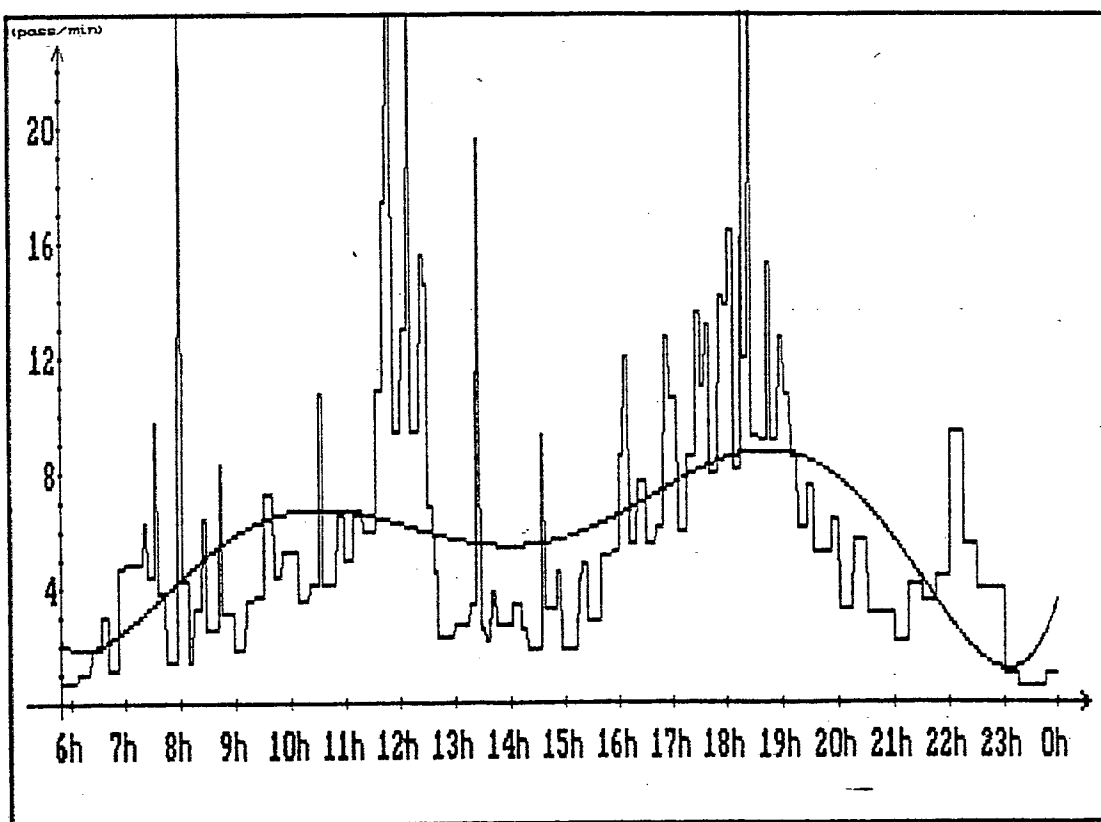
Onde:

- d_t : desvio no instante t ;
- p_t : valor da série de entrada no instante t ;
- z_t : valor da série de saída no instante t ;
- a_q : coeficiente polinomial;
- s : grau do polinômio;
- n : quantidade total de intervalos de dez minutos.

O valor mínimo de K é obtido anulando-se a sua primeira



(a) - Sentido Bairro-Centro



(b) - Sentido Centro-Bairro

Figura 2.14 - MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros - Modelo Polinomial de Mínimos Quadrados (Linha Abraão, 1983)

valores medidos seja mínima, ou seja:

$$\text{Minimizar } d = ||z_t - p_t|| \quad (2.13)$$

Onde:

d : distância entre a série de entrada e a função de transferência;

z_t : valor da série de saída no instante t ;

p_t : valor da série de entrada no instante t .

Escolhendo-se a norma do máximo:

$$||t||_{\infty} = \max \{ |t|, \quad t = 1, 2, \dots, n \}, \quad (2.14)$$

a questão pode ser resolvida como um problema de programação linear, ou seja:

Minimizar d

$$\text{Sujeito a: } |z_t - p_t| \leq d \quad (2.15)$$

O problema pode, então, ser formulado como segue:

Minimizar d ,

Sujeito a:

$$\begin{aligned} a_0 + a_1 t_i + a_2 t_i^2 + \dots + a_s t_i^s - d &= p_i \\ -(a_0 + a_1 t_i + a_2 t_i^2 + \dots + a_s t_i^s + d) &= p_i \\ a_0 + a_1 t_1 + a_2 t_1^2 + \dots + a_s t_1^s &= 0 \\ a_0 + a_1 t_n + a_2 t_n^2 + \dots + a_s t_n^s &= 0 \\ a_0 + a_1 t_k + a_2 t_k^2 + \dots + a_s t_k^s &= p_k \end{aligned} \quad (2.16)$$

Este modelo tem a vantagem de permitir que o polinômio resultante passe por pontos predeterminados, como por exemplo, que os valores do polinômio nos pontos inicial e final sejam nulos.

Entretanto, apresenta a desvantagem de exigir equipamento de grande porte - considerando a elevada quantidade de pontos que devem ser ajustados e a conseqüente necessidade de inversão de matrizes de ordem elevada -, o que inviabiliza sua utilização por parte da maioria dos órgãos de gerência brasileiros. Desta forma, foi descartado antes de uma análise mais aprofundada.

2.4.1.2 Modelo de Suavização

Nesta hipótese, pode-se estimar a tendência da série em um determinado instante utilizando-se as observações no entorno deste ponto. Desta forma, pode-se eliminar as flutuações de curto prazo mais grosseiras, exatamente o objetivo que se quer buscar.

Dentre as diversas técnicas de suavização, foi escolhida para análise a de *médias móveis centradas de g períodos* (MMC-g), formulada pela seguinte função de transferência:

$$z_t = \frac{1}{g} \sum_{i=1}^g p_u \quad (2.17)$$

$$u = t + i - 0,5(g+1)$$

$$g \in \{1, 3, 5, \dots\}$$

Onde g: quantidade de períodos do método de médias móveis centradas.

A adoção de uma quantidade ímpar de períodos é própria do método de médias móveis centradas, ou seja, a estimativa da demanda no ponto i corresponde à média aritmética do valor original neste ponto e de uma determinada quantidade de pontos à esquerda e à direita daquele considerado. Se se adotasse uma quantidade par, fatalmente o valor estimado corresponderia aos pontos $i \pm 0,5$, o que

não seria interessante.

Ressalte-se que a distribuição resultante da aplicação do método MMC-g é descontínua, já que cada ponto representa um intervalo de dez minutos. Como se quer obter uma distribuição contínua, considerou-se uma variação da demanda uniforme entre cada par de pontos.

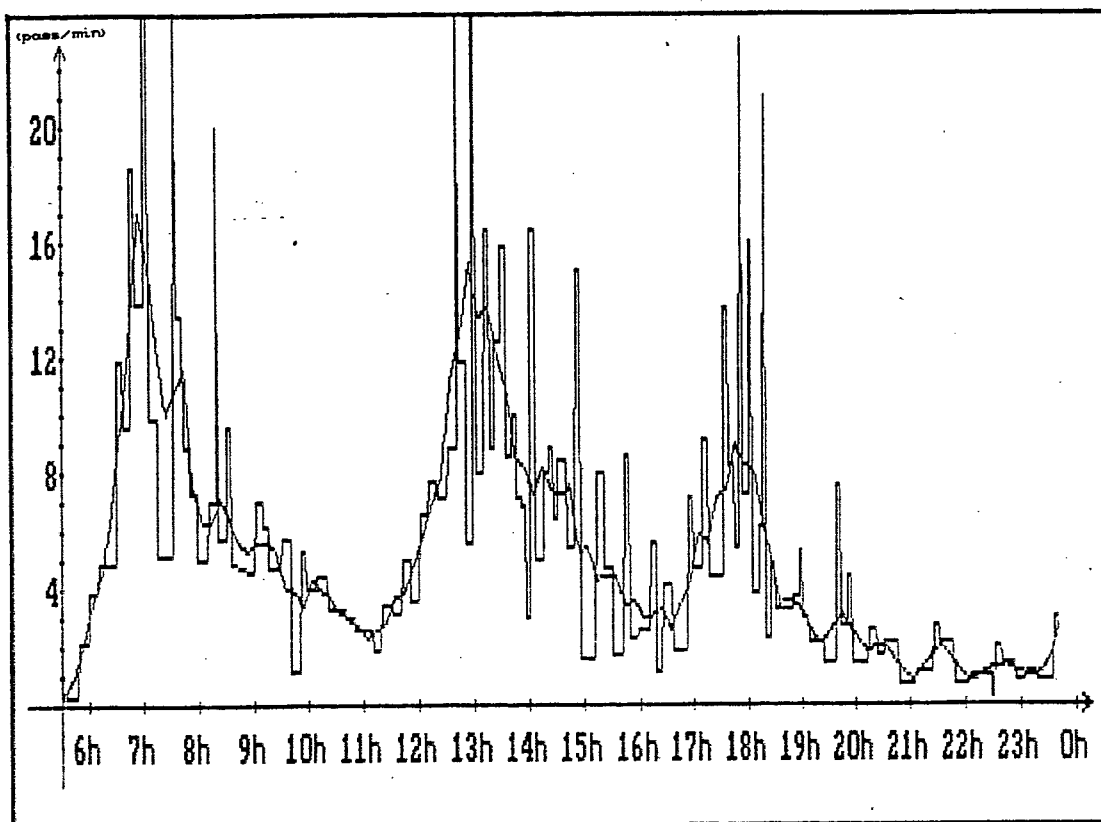
Como se pode observar na sequência das Figuras 2.15 a 2.19, à medida que g cresce, a curva obtida se torna mais suave, eliminando progressivamente os erros. No limite, quando g tende à duração total da jornada (n minutos), a série tende ao fluxo médio de passageiros. A Figura 2.20 ilustra esta tendência, apresentando a curva típica do que pode ser chamado de grau de suavização, que indica a variação, de acordo com o valor de g, das distâncias quadráticas da estimativa Z_t [MMC-g] em relação à distribuição MMC-1 (numerador) e ao fluxo médio de passageiros, ou seja:

$$gs_g = \frac{\sum (Z_{g,t} - f_{\text{médio}})^2}{\sum (Z_{g,t} - Z_{1,t})^2} \quad (2.18)$$

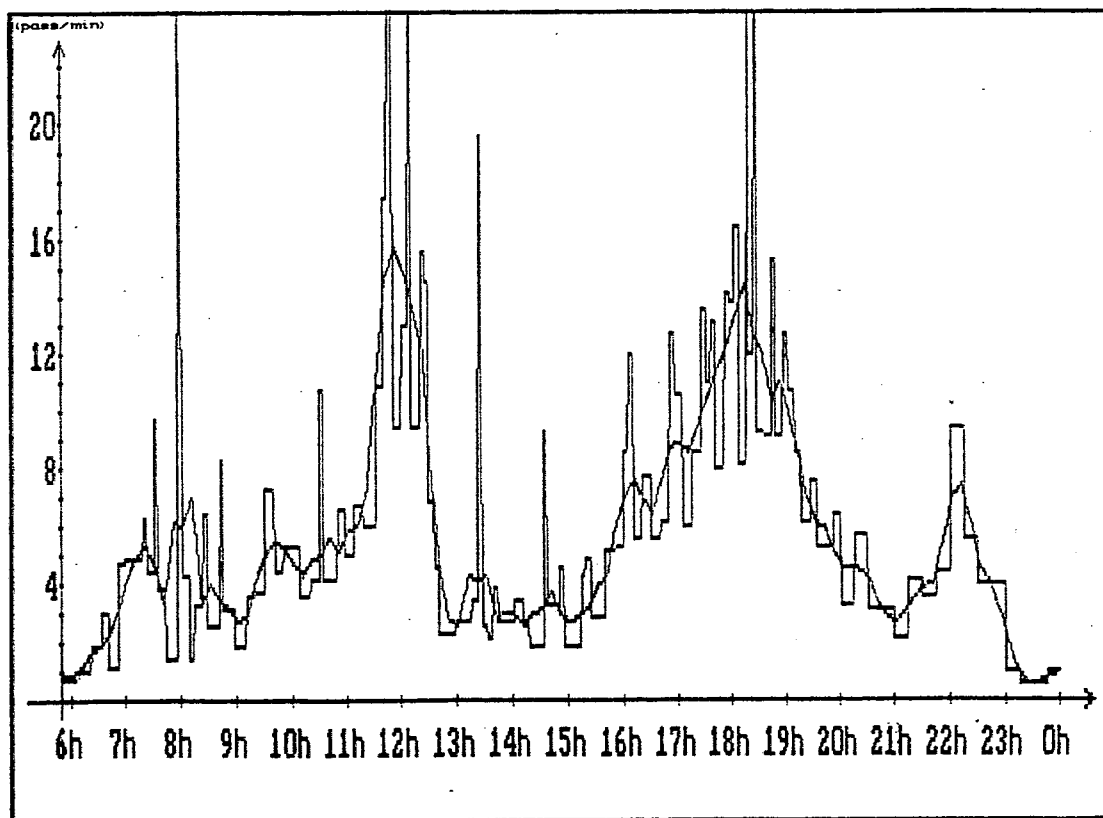
Onde:

- gs_g : grau de suavização;
- $Z_{g,t}$: fluxo estimado de passageiros - MMC-g (passageiros/minuto);
- $f_{\text{médio}}$: fluxo médio de passageiros (passageiros/minuto);
- $Z_{1,t}$: fluxo estimado de passageiros - MMC-1 (passageiros/minuto).

Naturalmente, a melhor estimativa da variação temporal de demanda se encontra dentro desses limites e a questão é determinar

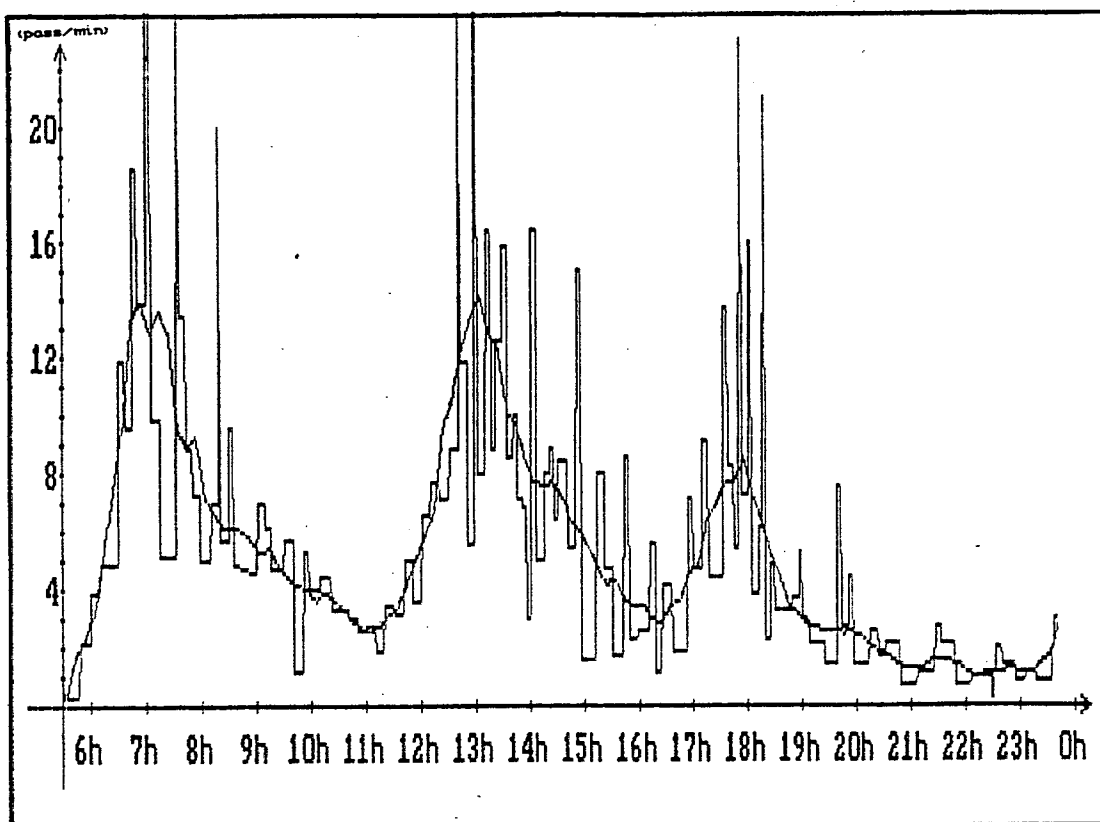


(a) - Sentido Bairro-Centro

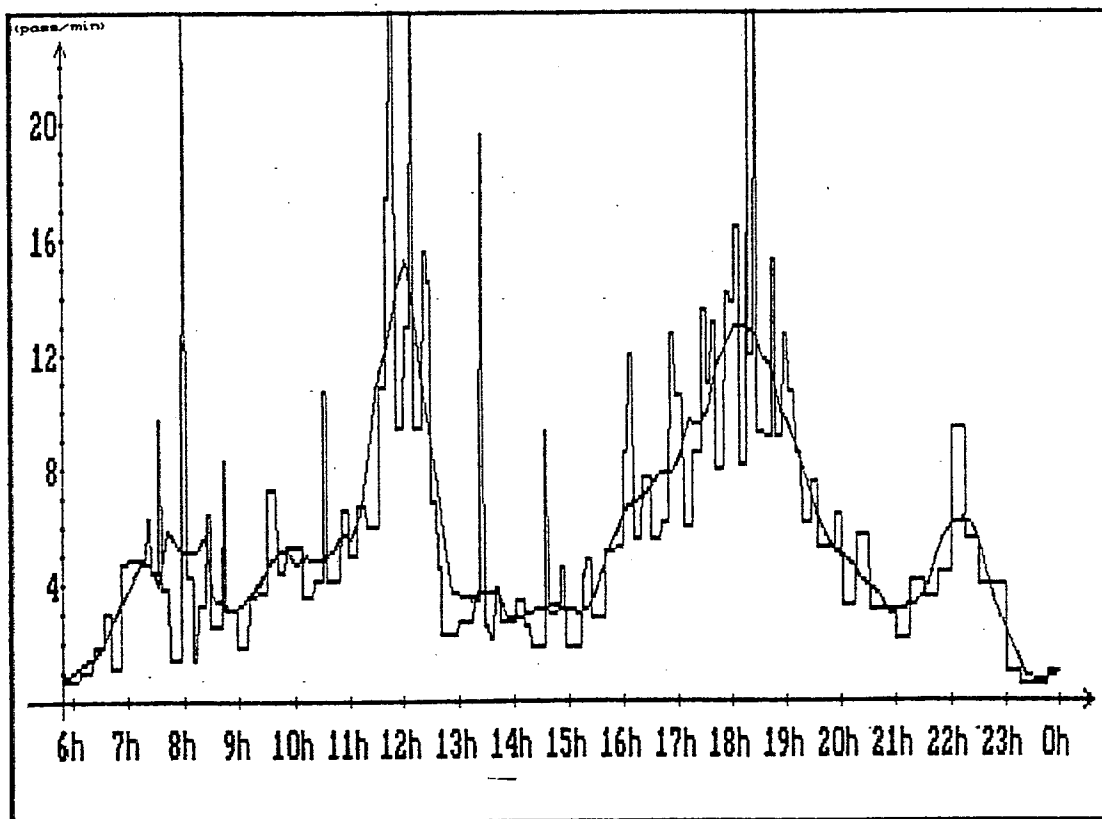


(b) - Sentido Centro-Bairro

Figura 2.15 - MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros Modelo de Suavização - MMC-3 (Linha Abraço, 1983)

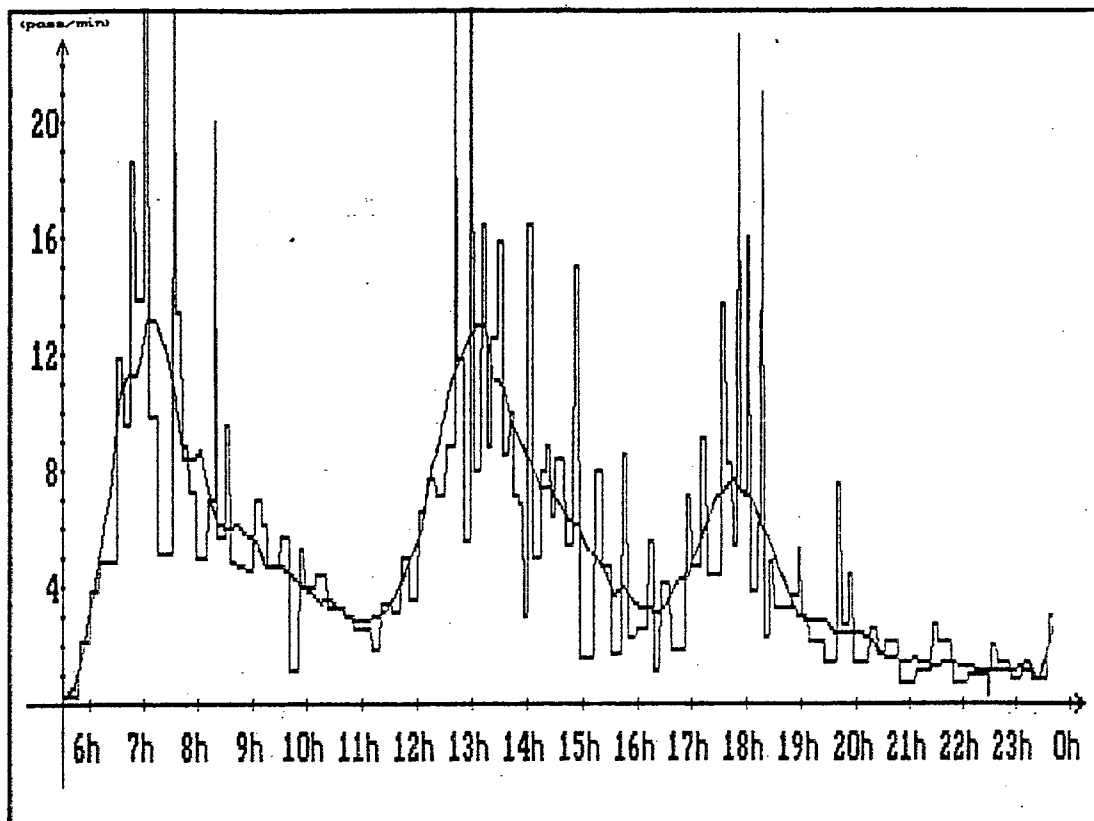


(a) - Sentido Bairro-Centro

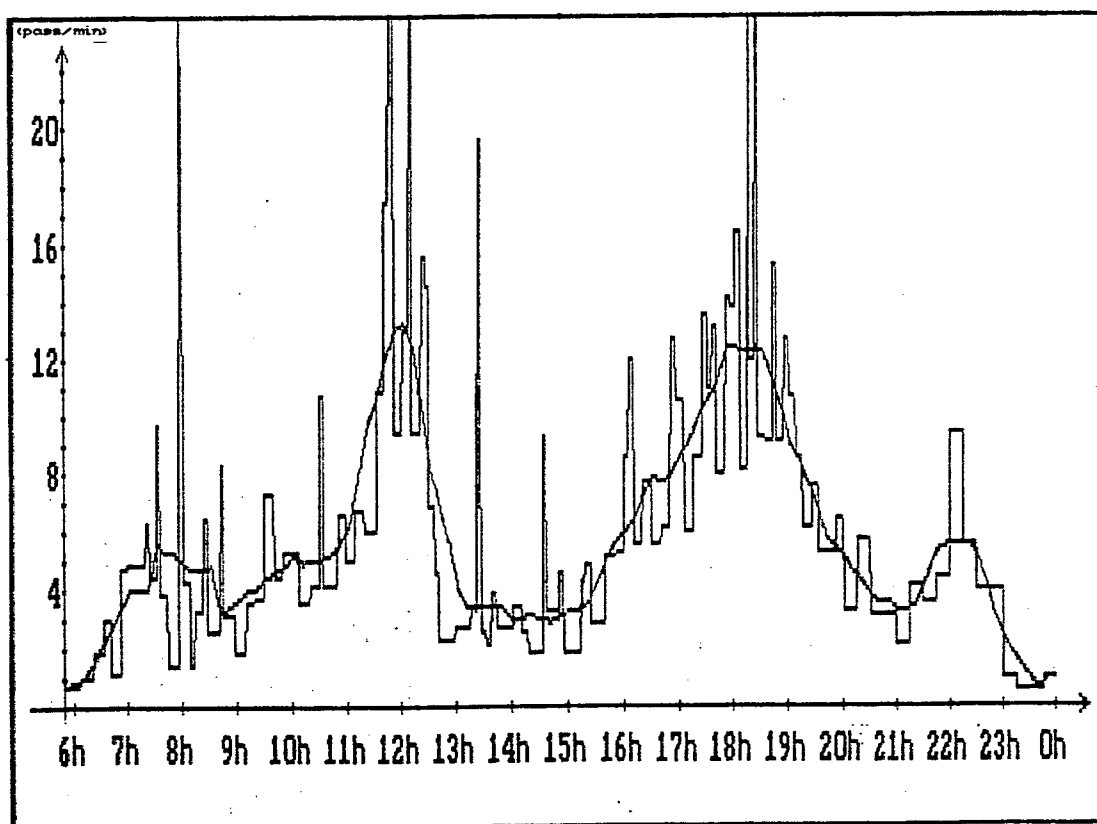


(b) - Sentido Centro-Bairro

Figura 2.16 - MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros Modelo de Suavização - MMC-5 (Linha Abraão, 1983)

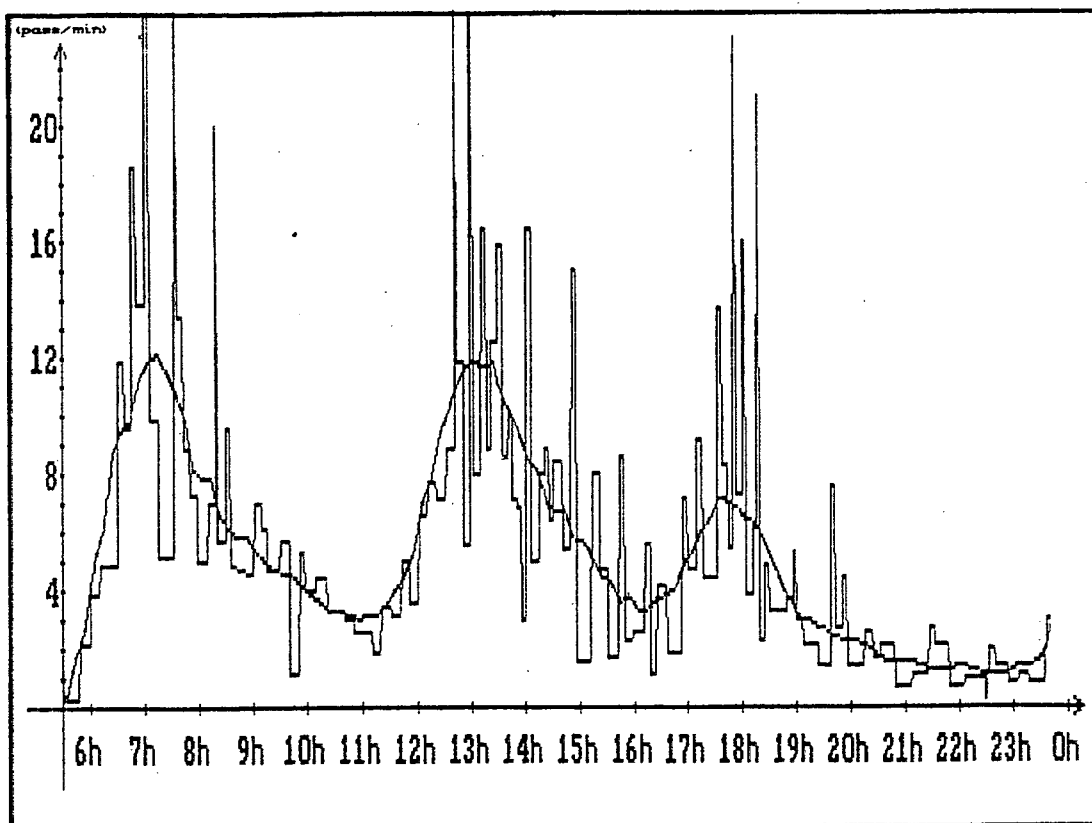


(a) - Sentido Bairro-Centro

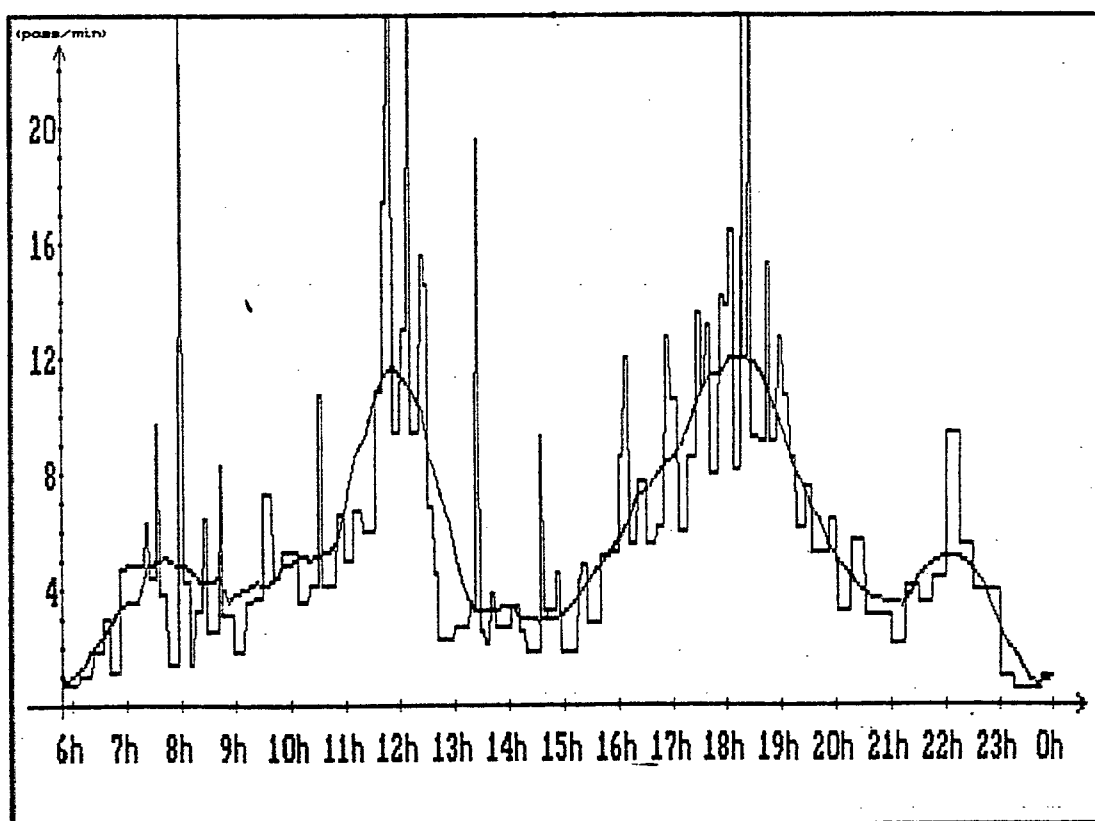


(b) - Sentido Centro-Bairro

Figura 2.17 - MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros Modelo de Suavização - MMC-7 (Linha Abraço, 1983)

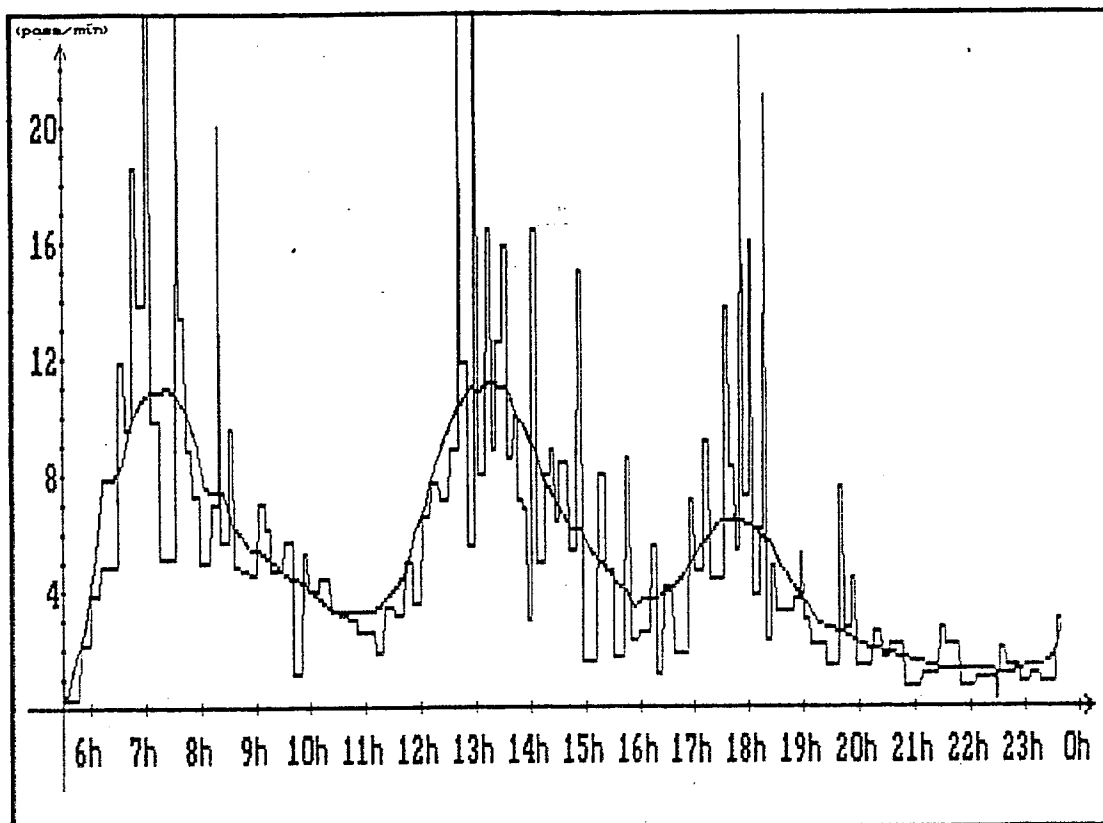


(a) - Sentido Bairro-Centro

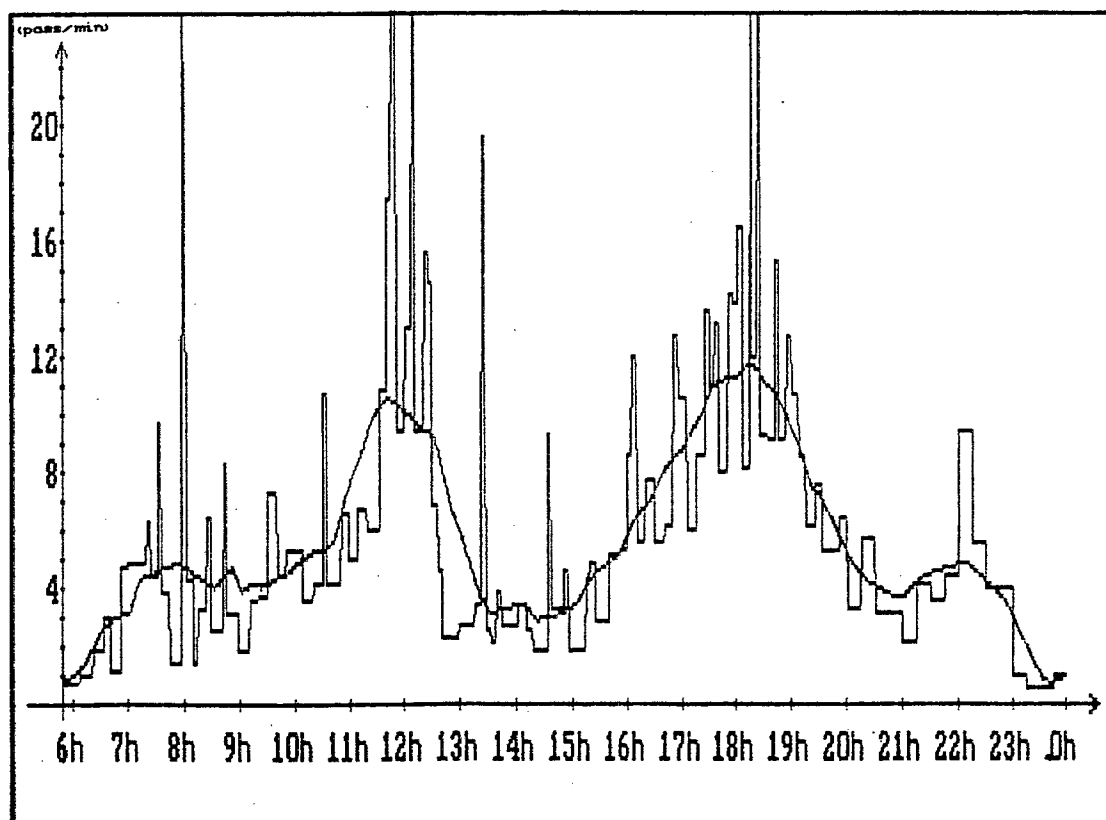


(b) - Sentido Centro-Bairro

Figura 2.18 - MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros Modelo de Suavização - MMC-9 (Linha Abraão, 1983)

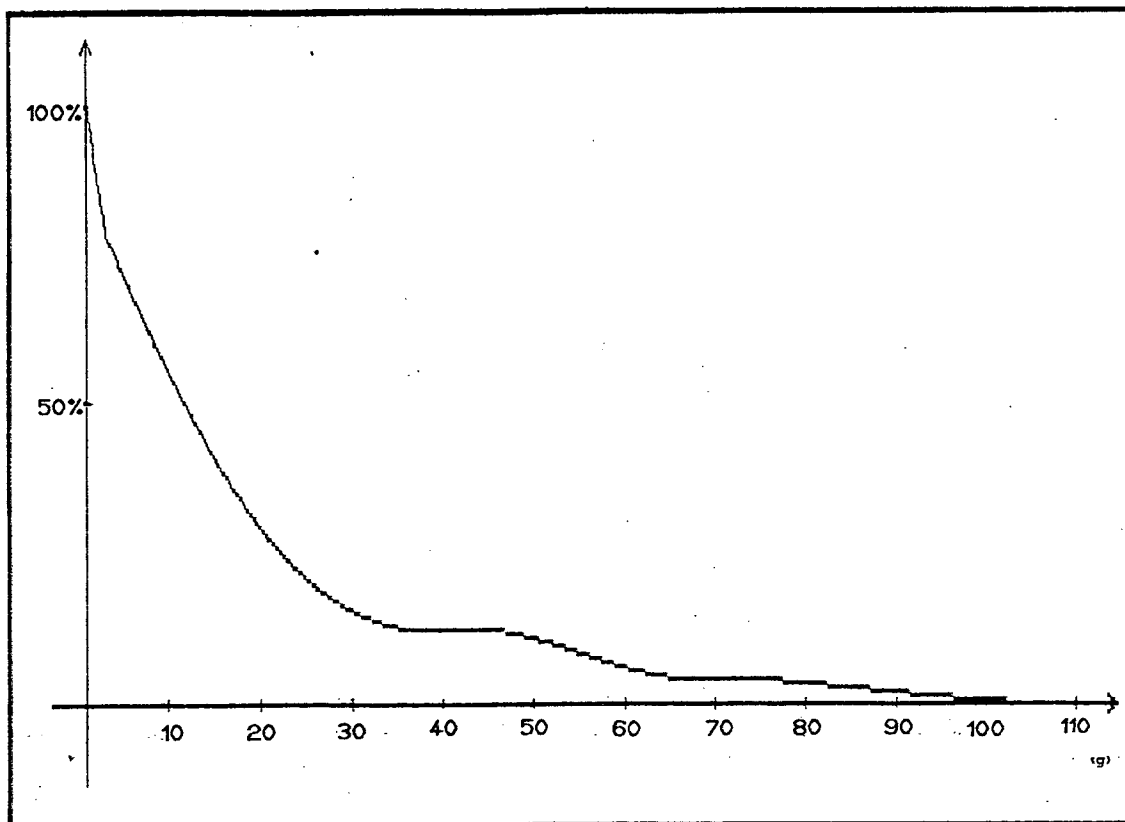


(a) - Sentido Bairro-Centro

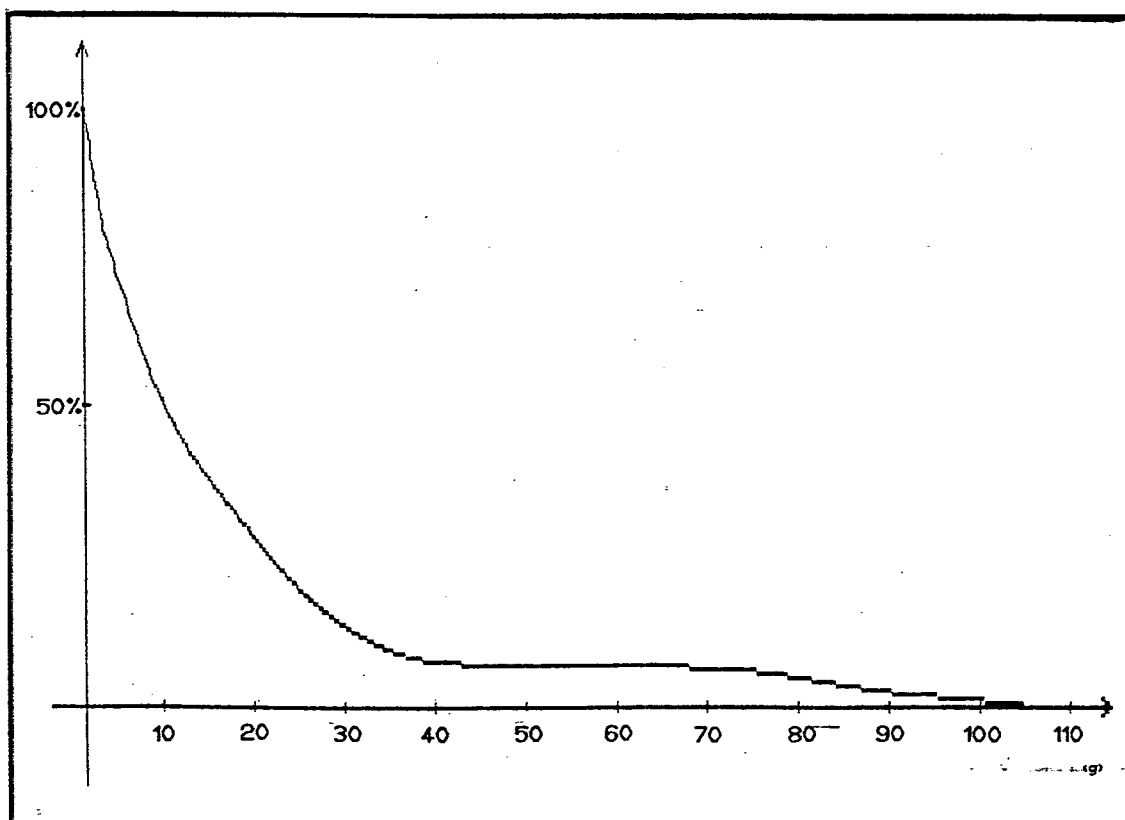


(b) - Sentido Centro-Bairro

Figura 2.10 - MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros Modelo de Suavização - MMC-11 (Linha Abraão, 1983)



(a) - Sentido Bairro-Centro



(b) - Sentido Centro-Bairro

Figura 2.20 - MDV - Grau de Suavização (Linha Abraão, 1983)

o valor de g que elimine a maior parte dos erros sem, no entanto, descaracterizar a tendência geral da demanda. Em outras palavras, os picos não podem ficar achatados demais para que não haja o subdimensionamento da oferta nos momentos de maior movimento de passageiros. Por esta razão, a determinação da quantidade de períodos foi feita pela observação do comportamento da estimativa a cada valor de g para todas as quarenta distribuições da amostra.

Observe-se que a distribuição é suavizada rapidamente para os primeiros valores de g , eliminando as variações mais bruscas; este fenômeno é mais lento com valores maiores de g , o que sugere a ocorrência do achatamento dos períodos de pico. Assim, o valor de g mais indicado não deve ser muito elevado.

Por outro lado, deve-se considerar que o método das médias móveis centradas não consegue estimar os primeiros e os últimos $0,5 \times (g-1)$ valores da série. Quanto maior o valor de g , maior a quantidade de pontos não passíveis de estimação. Para valores pequenos de g , pode-se estimar a tendência nestes pontos como sendo a média da demanda original, considerando, principalmente o pequeno fluxo de passageiros que geralmente ocorre no início e no final da jornada.

Deste modo, considerou-se a melhor estimativa, ou seja, a que melhor reflete as tendências gerais da demanda para todas as diversas situações analisadas, aquela obtida com $g=7$ (Figura 2.17). Levando em conta que cada um destes sete pontos corresponde à média do fluxo de passageiros em um intervalo de dez minutos, este resultado implica aproximadamente uma média da demanda de 71 minutos, defasada de um minuto. Isto significa tender ao limite os princípios dos métodos Horário e de Lompa.

2.4.2- Flutuação Espacial da Demanda

Para a modelagem do método proposto em relação à flutuação espacial da demanda, foi feita uma análise mais aprofundada do índice de renovação, partindo-se da hipótese de que não seja influenciado pelo horário, como no caso da demanda, mas pelas características da linha, como o tipo de operação e a forma de ocupação do solo ao longo do itinerário.

Alguns indícios dão suporte a esta formulação:

- Nas linhas radiais o IR tende a situar-se entre 1,00 (sem renovação) e 1,20 (renovação de 20%), enquanto que nas linhas diametrais e circulares costuma apresentar valores mais elevados, podendo ultrapassar os 2,50; no planejamento destas últimas geralmente se procura interligar a maior quantidade possível de geradores;
- Nas linhas expressas, ou seja, aquelas em que não há pontos de parada intermediários, o valor esperado é 1,00, uma vez que não há renovação;
- Nas linhas intermunicipais da Região Metropolitana de Porto Alegre não é permitido o desembarque de passageiros neste município no sentido ali iniciado, assim como o desembarque no sentido contrário; esta imposição visa a eliminar a concorrência danosa entre as linhas municipais e intermunicipais, impedindo qualquer renovação e, portanto, $ir = 1,00$;
- Em Florianópolis, foi implantado um sistema de tarifa única em 1981, o que alterou a ocupação principalmente das linhas longas, já que houve a transferência de

muitos passageiros das linhas curtas concorrentes;
isto produziu um aumento no IR destas linhas;

- Nas linhas de alimentação do trem metropolitano de Porto Alegre (TRENSURB-PA) o IR é também igual a 1,00; são linhas curtas que ligam bairros residenciais ao sistema ferroviário, sem quaisquer outros geradores de tráfego importantes ao longo do itinerário;
- Em levantamentos realizados na linha Abraão, em Florianópolis, com uma defasagem de oito anos (1983 e 1991), o IR médio passou de 1,08 para 1,12; neste período foram implantados um grande conjunto habitacional e a sede de um importante jornal de abrangência estadual ao longo do itinerário.

Para a realização dos testes relacionados com a renovação, foi selecionada uma nova amostra, conforme exposto no item 2.3 deste Capítulo, de modo a não utilizar linhas sabidamente sem renovação, para não influenciar os resultados.

O primeiro teste realizado (Teste IR-1) teve como objetivo verificar a correlação entre o IR e o horário. Para tanto subdividiu-se inicialmente a jornada em períodos mais ou menos compatíveis com aqueles tidos como típicos, calculando-se o IR médio de cada um deles. A seguir foram comparados os diversos pares de médias correspondentes a períodos consecutivos, admitindo-se a normalidade de cada uma delas. O teste verificou se estas médias eram significativamente diferentes ao nível de significância de 95%, ou seja:

$$H_0: \mu_A = \mu_B;$$

$$H_1: \mu_A \neq \mu_B.$$

(2.19)

Resultado do Teste	Quantidade de Eventos	Proporção (%)	Intervalo de Confiança (%)	
			Mínimo	Máximo
Rejeição de H_1	188	84,30	79,94	88,66
Não Rejeição de H_1	35	15,70	11,34	20,06
Total	223	100,00	—	—

Quadro 2.3 - Resultados do Teste IR-1

Foram feitos, no total, 223 testes de igualdade de médias e os diferentes resultados, submetidos a um teste de proporção, ao nível de significância também de 95%, conforme mostrado no Quadro 2.3. Como se pode observar, na grande maioria das situações rejeitou-se a hipótese de desigualdade das médias, levando à conclusão de que, não sendo significativas as diferenças de IR entre os períodos típicos, o horário não tem influência sobre o mesmo.

Para reforçar esta conclusão, foi feito um segundo teste (Teste IR-2), para verificar se o IR médio de um sentido da linha pode representar os IRs dos diversos períodos típicos. Assim, para cada elemento da amostra foi determinada a respectiva média, comparada com o IR médio de cada período típico. Os resultados obtidos foram também submetidos a um teste de proporção, ao ns de 95 %, conforme pode ser visto no Quadro 2.4. Observe-se que esses resultados são ainda mais expressivos, concluindo-se que não existem razões para não se adotar o IR médio do sentido como representativo do fenômeno.

Deste fato pode-se depreender que, pelos menos nas li-

Resultado do Teste	Quantidade de Eventos	Proporção (%)	Intervalo de Confiança (%)	
			Mínimo	Máximo
Rejeição de H_1	240	86,01	82,60	89,42
Não Rejeição de H_1	40	13,99	10,58	17,40
Total	280	100,00	—	—

Quadro 2.4 - Resultados do Teste IR-2

nhas circulares, que apresentam apenas um sentido de circulação, o IR médio representa, com uma boa margem de segurança, as características de renovação de toda a linha. Obviamente, espera-se que o mesmo ocorra nas linhas radiais.

Para testar se o IR varia com o sentido de circulação, foi feito o Teste IR-3, comparando-se a média global das linhas radiais com aquelas de ambos os sentidos, da mesma forma que o caso anterior. Os resultados, apresentados no Quadro 2.5, revelam que esta hipótese não se verifica.

Estes três testes comprovam que o índice de renovação não depende do horário em que inicia a viagem, mas de outros fatores, seguramente as características operacionais da linha e as condições de uso do solo, como nos casos apontados.

Esta conclusão vem a simplificar muito o cálculo da oferta, uma vez que basta determinar o IR médio das observações coletadas através da expressão 2.6, ao invés de um valor para cada período típico de cada sentido. Por outro lado, reduz a necessidade de levantamentos, pois os fatores que influenciam a renovação

Resultado do Teste	Quantidade de Eventos	Proporção (%)	Intervalo de Confiança (%)	
			Mínimo	Máximo
Rejeição de H_1	56	93,33	88,03	98,63
Não Rejeição de H_1	4	6,67	1,37	11,97
Total	60	100,00	—	—

Quadro 2.5 - Resultados do Teste IR-3

não se alteram abruptamente (como o uso do solo) ou podem ser previstas (como o tipo de operação). Assim, o levantamento de embarques e desembarques só precisa (e deve) ser feito quando for diagnosticada, por exemplo, uma mudança significativa no uso do solo ao longo da área de influência da linha estudada ou uma alteração na forma de operação. Além disso, este levantamento pode ser dissociado do da demanda (de catracas), que inclusive pode ter um acompanhamento mais amigável através das fichas de controle de viagens e passageiros da operadora (encerrante).

CAPÍTULO 3 - ANÁLISE DA OFERTA DE TRANSPORTE COLETIVO

A oferta de transporte coletivo por ônibus é constituída de um conjunto de especificações que definem a qualidade do serviço posto à disposição do público usuário de uma linha de transporte coletivo, quais sejam:

- Veículo-padrão, que corresponde às características tecnológicas do veículo adotado, especialmente no tocante a sua capacidade de transporte de passageiros;
- Nível de serviço, que se refere ao grau de conforto que se pretende oferecer aos passageiros;
- Dimensionamento operacional, que compreende a determinação do quadro de horários que deverão ser cumpridos, da frota necessária para a operação da linha e da programação dos horários de cada veículo.

Nos itens seguintes são analisadas estas especificações, da forma como são definidas ou calculadas atualmente, bem como as alterações que se fazem necessárias para a formulação do modelo em estudo

3.1 - Veículo-Padrão

A escolha do veículo-padrão, ou veículo de projeto, é de

fundamental importância no cálculo da oferta de transporte, pois irá limitar a quantidade de passageiros que podem ser transportados em cada viagem.

Os parâmetros de interesse são a quantidade de assentos disponíveis e a área útil destinada ao transporte de passageiros em pé.

A situação ideal é aquela em que é possível a utilização de apenas um modelo de veículo, o que é difícil de ocorrer na prática.

Normalmente é determinado o veículo de maior ocorrência na frota em operação na linha. Entretanto, como em geral é grande a diversidade de modelos encontrada em situações reais, costuma-se adotar valores médios para a quantidade de assentos e para a área útil. Ressalte-se, porém, que esta prática pode levar a distorções na operação efetiva da linha, com a possível ocorrência de viagens com excesso de passageiros ou de veículos sub-utilizados.

Também é importante conhecer-se a posição da catraca, as larguras das portas de embarque e desembarque e as alturas dos degraus, pois terão influência nos tempos de parada nos pontos de ônibus e, conseqüentemente, nos tempos de viagem, como se verá a diante.

3.2 - Nível de Serviço

Entende-se por nível de serviço o grau de conforto que se deseja fornecer ao usuário, o que pode ser quantificado pela quantidade máxima de passageiros que podem ser transportados em cada viagem, ou seja, a sua lotação. Este valor deve ser determinado em comum acordo pelo órgão gestor do Sistema e pela operadora, uma vez que implica não somente as questões de conforto, mas

também a quantidade de veículos necessários para a operação da linha e, evidentemente, os respectivos custos.

Os níveis de serviço (NS) são expressos através de letras, de A até F, sendo considerados também, a nível teórico, os níveis F_1 a F_4 . Assim, pode-se desejar que sejam transportados apenas passageiros sentados, o que corresponde ao NS A, como ocorre no chamado *transporte seletivo* ou em linhas que exigem um elevado tempo de percurso. Por outro lado, pode-se admitir um certo grau de superlotação nos períodos de pico, por motivos de limitação da frota disponível a curto prazo, por exemplo.

Como a lotação do veículo-padrão é no mínimo igual à quantidade de assentos, o grau de conforto referente aos demais níveis pode ser expresso em quantidade de passageiros em pé, considerando fixa a área útil, ou seja:

$$lt = ast + pp \quad (3.1)$$

Onde:

lt: lotação do veículo-padrão a um dado nível de serviço (passageiros);

ast: lotação mínima, que corresponde à quantidade de assentos disponíveis do veículo-padrão (passageiros);

pp: quantidade máxima de passageiros admitida para o transporte de passageiros em pé (passageiros).

Entretanto, como a quantidade de passageiros em pé depende da área útil, pode-se definir uma *densidade de ocupação*, como sendo a quantidade máxima de passageiros passíveis de transporte em pé por metro quadrado. Assim, tem-se:

$$lt = ast + d \times A \quad (3.2)$$

Onde:

d: densidade de passageiros em pé (passageiros/m²);

A: área útil para passageiros em pé (m²).

As principais fontes consultadas (TTC, 1988 e Freitas, 1985) divergem, entretanto, na associação da densidade de ocupação com os diversos níveis de serviço. Assim, para efeitos deste trabalho, procurou-se estabelecer valores médios daqueles recomendados. Como se considera que as densidades devam guardar uma proporcionalidade em relação aos níveis de serviço, fez-se um ajustamento dos valores médios das duas fontes, através de regressão linear pelo método dos mínimos quadrados. A expressão resultante foi a seguinte:

$$lt_i = ast + 1,4844 \times A \times i \quad (3.3)$$

Onde:

lt_i : lotação do veículo-padrão correspondente ao nível de serviço i (passageiros);

i: valor numérico indicador do nível de serviço
(NS A \Rightarrow i=0; NS B \Rightarrow i=1; ...; NS F \Rightarrow i=5).

O Quadro 3.1 apresenta as densidades médias de ocupação das fontes consultadas e a resultante da regressão, assim como uma simulação das respectivas lotações, considerando o veículo-padrão adotado por Freitas (1985), com 38 assentos e 5,30 m² de área útil (a partir de agora este passa a ser o veículo-padrão adotado neste trabalho). Foi acrescentada, ainda, uma coluna com a qualidade do serviço, adaptada de TTC (1988).

Os valores obtidos pela regressão linear, porém, coincidem aproximadamente com as densidades de ocupação máximas precon-

NS	Qualidade do Serviço	Densidade de Ocupação (pass/m ²)			Lotação (passageiros)		
		(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
A	excelente	0	0	0	38	38	38
B	ótimo	0,75	0,75	1,48	42	42	46
C	bom	2,64	2,25	2,97	52	50	54
D	regular	4,53	3,75	4,45	62	58	62
E	ruim	6,23	5,25	5,94	71	66	69
F	péssimo	8,11	6,75	7,42	81	74	77
F ₁	lotado	10,00	8,25	8,91	91	82	85
F ₂	superlotado	11,70	10,00	10,39	100	91	93

(1): Freitas, 1985;

(2): TTC, 1988;

(3): regressão linear.

Quadro 3.1 - Características dos Níveis de Serviço

zadas por TTC (1988). Desta forma, optou-se por adotar aquelas recomendações, ficando a equação 3.3 da seguinte forma:

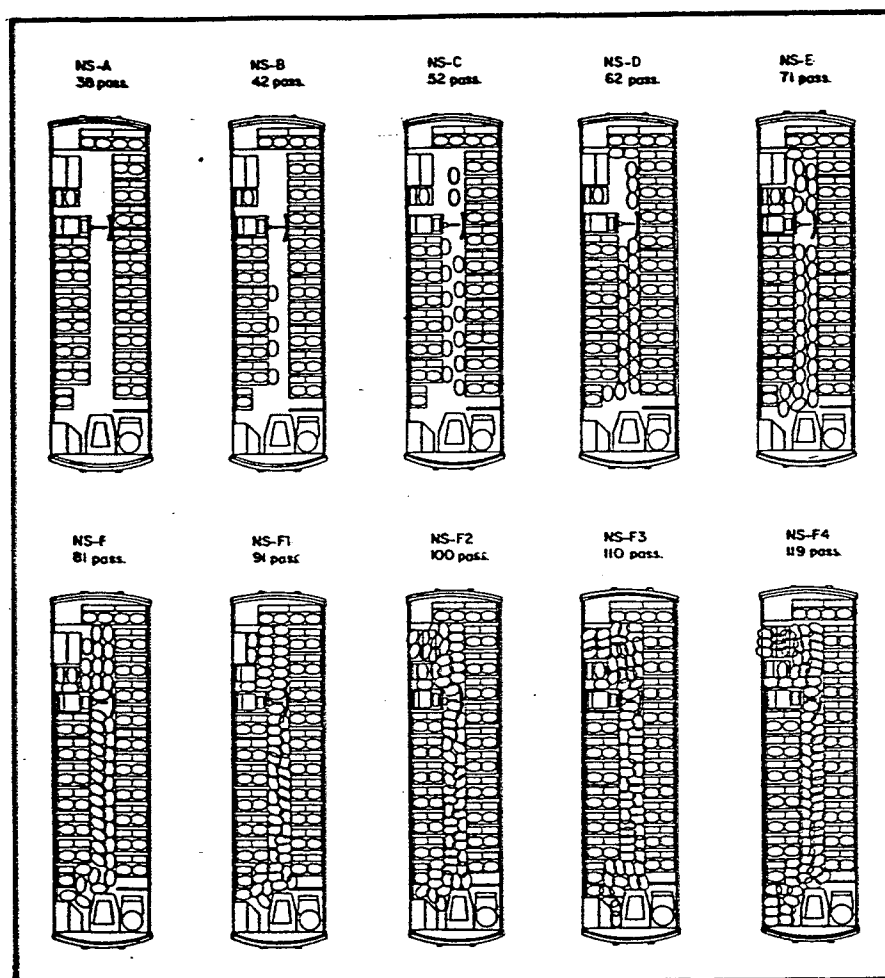
$$lt_i = ast + 1,5 \times A \times i \quad (3.4)$$

A Figura 3.1 mostra uma simulação da ocupação do veículo-padrão considerada para os NS A a F₄.

3.3 - Dimensionamento Operacional

O dimensionamento operacional constitui-se da determinação do quadro de horários de partida de cada viagem, por sentido de operação, da frota necessária e da programação de cada veículo.

Para tanto, é necessário definir, primeiramente, o nível de serviço de projeto, a partir do qual pode ser determinado o quadro de horários mínimos, que são aqueles necessários e sufici-



Fonte: Freitas, 1985

Figura 3.1 - Planta Esquemática da Ocupação do Veículo-Padrão de Acordo com o Nível de Serviço

entes para atender a demanda levantada em cada sentido de operação.

Nas linhas radiais, como a distribuição da demanda na maioria das vezes difere conforme o sentido de operação, torna-se necessário fazer uma compatibilização. Assim, nos períodos em a demanda é menor em um dado sentido, tem-se que criar algumas viagens adicionais de retorno com a finalidade de aumentar a disponibilidade de veículos na outra ponta, onde a necessidade é maior. Esta compatibilização, que pode ser feita através da elaboração dos chamados *gráficos de marcha*, resulta no *quadro de horários e-*

fetivos. Para tanto devem ser determinadas as estimativas do tempo de deslocamento em cada viagem e também os tempos de embarque e desembarque nos terminais.

Os gráficos de marcha também fornecem a quantidade de veículos que devem ser alocados à linha e a programação de cada um deles, ou seja, os horários que devem cumprir ao longo da jornada.

Nos itens seguintes são abordados todos estes aspectos, conforme as práticas existentes e as proposições deste trabalho.

3.3.1 - Seleção do Nível de Serviço

A seleção do nível de serviço de projeto é sempre revestida de um elevado grau de subjetividade e deve ser feita com muito cuidado, pois a cada grau de conforto corresponde uma quantidade de viagens e um respectivo custo de transporte. A seguir são analisados os modelos existentes e apresentada uma descrição do proposto.

3.3.1.1 - Modelos Existentes

As fontes consultadas divergem quanto ao NS mais apropriado, mas são unânimes em recomendar níveis mais confortáveis (ou lotações menores) nos vales e períodos fora-de-pico e menos confortáveis nos picos, por duas razões. Em primeiro lugar, nestes últimos a adoção de lotações pequenas (NS A, por exemplo) pode levar a intervalos entre viagens também reduzidos (inferiores a quatro minutos), o que inviabiliza a operação, principalmente nos terminais. Por outro lado, nos períodos de menor demanda, se se adotar uma lotação elevada (NS F, por exemplo), os intervalos tendem a se tornar grandes (superiores a uma hora, por exemplo, em u-

ma linha com mais de 10.000 passageiros por dia); além disso, nesses períodos a disponibilidade de veículos é maior, o que permite fornecer ao usuário um melhor atendimento.

Em Armando (1982), a lotação para cada período típico horário é calculada em função da quantidade de assentos do veículo-padrão, como segue:

- Nos picos:

$$lt = 2 \times ast \quad (3.5)$$

- Nos períodos intermediários:

$$lt = 1,5 \times ast \quad (3.6)$$

- Nos vales:

$$lt = ast \quad (3.7)$$

Esta recomendação, além de muito simplista, é incoerente, pois aqueles veículos que possuem uma quantidade grande de assentos dispõem de áreas úteis proporcionalmente menores, inviabilizando qualquer relação direta entre estas duas variáveis.

Cruz (1986) considera um veículo-padrão médio nacional, adotando 70, 60 e 50 passageiros respectivamente para os picos, períodos intermediários e vales se o levantamento for feito em dia com boas condições meteorológicas entre terça-feira e sexta-feira. Prevê um ajuste para os levantamentos em dias chuvosos (60 pas. no pico e 55 pas. nos períodos intermediários), uma vez que nesses dias a demanda é geralmente menor pela transferência de usuários para o veículo particular ou táxi, ou mesmo porque inibem muitos deslocamentos para lazer e compras. Com tal correção, espera que os resultados sejam eficazes com quaisquer condições do tempo. Para levantamentos realizados em segundas-feiras, uma vez que nesses dias a demanda tende a ser maior do que nos demais dias úteis, segundo a fonte, os valores sugeridos são respectivamente 80 pas. e

65 pas. para dias com tempo bom e 70 pas. e 60 pas. para dias chuvosos.

Embora seja louvável a preocupação com os aspectos relacionados com o levantamento, a adoção de um veículo-padrão a nível nacional não encontra respaldo em situações reais, uma vez que não só é muito grande a variedade dos modelos fabricados no país (GEI-POT, 1976), como também existe uma infinidade de arranjos no layout interno dos mesmos. Aliás, já foi mencionado no item 3.1 que às vezes tem-se que adotar parâmetros médios em uma única linha.

Freitas (1985) recomenda não ultrapassar o NS F nos picos, o que equivale a uma ocupação máxima, pelo critério da fonte, de 8.87 pass/m^2 (85 passageiros no veículo-padrão adotado como exemplo), pois a considera o limite do suportável (ou, como define, *condição inaceitável de esmagamento de passageiros*). Para os vales¹, indica os NS A ou B, e para os períodos intermediários, uma graduação entre estes extremos. Além disso, alerta para o fato de que os intervalos resultantes nos picos não sejam superiores aos nos demais períodos, o que seria incoerente.

TTC (1988) sugere que a seleção dos níveis de serviço seja feita de acordo com dois critérios, quais sejam:

- Flutuação temporal de demanda, pelo qual recomenda utilizar os NS B ou C nos vales e D ou E nos picos, admitindo até o NS F₁ (correspondente ao NS F do Quadro 3.1) em situações especiais, como no caso em que é de pequena extensão o trecho crítico;

¹ A partir deste momento, passa-se a agrupar os períodos fora-de-pico e vale em um único conjunto, referido como vale.

- Flutuação espacial da demanda, pelo qual sugere (vol 6, pág. 41):
 - Quando a ocupação crítica (ou valores próximos a ela) ocorrer em trechos muito extensos deve-se prover um nível de serviço mais favorável C ou D;
 - Quando a ocupação crítica ocorrer por pouco tempo (<5 min), pode-se admitir níveis de serviço D, E ou até mesmo F_1 (NS F no Quadro 3.1);
 - Quando houver uma elevada variação no perfil de carregamento², representativa de um grande índice de renovação, deve-se prover um nível mais favorável (C ou D) face às necessidades de circulação interna;
 - Quando houver um efeito acentuado de um pólo gerador intermediário, deve-se prover um nível de serviço mais favorável (B ou C) (...);
 - Quando o índice de renovação for baixo, a viagem curta e o embarque/desembarque se concentrar em pontos extremos ou nos terminais da linha, pode se estipular níveis de serviço mais desfavoráveis (D ou E).

3.3.1.2 - Modelo Proposto

Como o modelo de estimação da demanda proposto não prevê a utilização de períodos típicos, pretende-se desenvolver um modelo de determinação dos níveis de serviço automático em função

² Perfil de carregamento é uma representação gráfica do saldo de passageiros no interior do veículo em cada trecho do itinerário entre dois pontos de parada consecutivos.

do fluxo estimado de passageiros. A partir de um nível de serviço de projeto estipulado para o pico, quer-se determinar as lotações para cada minuto da jornada.

Esta concepção permite ao projetista avaliar as implicações de conforto e custos para cada nível de serviço, para ser submetida à apreciação política do órgão gestor do Sistema e do operador. Deve-se valer, entretanto, não só de um conhecimento do comportamento da linha, como também das interessantes considerações de TTC (1988) a respeito de aspectos relacionados com a flutuação espacial da demanda.

Foram desenvolvidos e analisados três modelos alternativos para permitir uma posição mais segura.

Nos três modelos, fixou-se a lotação de projeto para o instante de demanda máxima, e uma lotação mínima para os momentos em que o fluxo de passageiros é igual a zero, admitindo-se uma proporcionalidade entre demanda e grau de conforto.

No Modelo 1, fixou-se uma lotação mínima correspondente ao NS A, aproximando-se das recomendações de Freitas (1985), mas admitindo-se uma relação linear entre estes extremos, ou seja:

$$lot_t = lt_i - \frac{(lt_i - lt_{min}) \times (Z_{max} - Z_t)}{Z_{max}} \quad (3.8)$$

Onde:

lot_t : lotação do veículo-padrão no instante t (passageiros);

lt_i : lotação do veículo-padrão correspondente ao NS i de projeto (passageiros);

lt_{min} : lotação mínima do veículo-padrão correspondente ao NS A (passageiros);

Z_{max} : fluxo máximo estimado de passageiros (passa-

geiros/minuto);

Z_t : fluxo estimado de passageiros no instante t
(passageiros/minuto).

Neste modelo, garante-se sempre os NS A ou B nos vales, mas o resultado fica um pouco incoerente para o níveis de serviço de projeto menos confortáveis. Como exemplo, poderia ocorrer um serviço *péssimo* (NS F) nos picos, mas invariavelmente *excelente* ou *ótimo* (NS A ou B, respectivamente) nos vales.

No Modelo 2, procurou-se fazer uma adaptação de Cruz (1986), adotando-se uma lotação mínima igual àquela correspondente a dois níveis de serviço mais confortáveis do que a de projeto, também sendo admitida uma relação linear entre extremos. Assim, por exemplo, se o NS de projeto for E, a lotação mínima corresponderá ao NS C. Desta forma, pretende-se aproximar os extremos, de modo a evitar o desequilíbrio do modelo 1 e também possíveis distorções como as apontadas por Freitas (1985) de que os intervalos nos picos não podem ser maiores do os nos vales. A formulação é a mesma do Modelo 1, mas alterando-se o valor da lotação mínima, dando por:

$$lt_{\min} = \begin{cases} lt_0 & \text{para os NS A a C} \\ lt_{i-2} & \text{para os demais NS} \end{cases} \quad (3.9)$$

Onde:

i : valor numérico indicador do nível de serviço.

O Modelo 3 é semelhante ao anterior na utilização de três NS consecutivos, mas cada um deles é associado a uma faixa de demanda correspondente à terça parte do fluxo máximo estimado de passageiros, com a finalidade de adaptar-se mais ainda a Cruz

(1986), ou seja:

$$\text{para } i=0: \quad lot_i = lt$$

$$\text{para } i=1: \quad lot_i = \begin{cases} lt_1 & \text{para } Z_i > \frac{2}{3} Z_{\max} \\ lt_0 & \text{para } Z_i \leq \frac{2}{3} Z_{\max} \end{cases}$$

(3.10)

$$\text{para } i \geq 2: \quad lot_i = \begin{cases} lt_{i-2} & \text{para } Z_i \leq \frac{1}{3} Z_{\max} \\ lt_{i-1} & \text{para } \frac{1}{3} Z_{\max} < Z_i \leq \frac{2}{3} Z_{\max} \\ lt_i & \text{para } Z_i > \frac{2}{3} Z_{\max} \end{cases}$$

As Figuras 3.2 a 3.4 apresentam as distribuições correspondentes aos três modelos, considerando o sentido bairro- centro da linha Abraão e os níveis de serviço C e F. Observe-se que no Modelo 1 a variação entre lotações extremas aumenta na medida em que se torna mais desfavorável o NS, enquanto que nos outros ela é constante.

Nos Quadros 3.2 a 3.4 são apresentados, respectivamente, a quantidade mínima de viagens necessárias para a operação da linha Abraão, de acordo com o nível de serviço de projeto, a ocupação média e os custos de operação correspondentes. Estes últimos estão expressos em quantidade de salários mínimos de julho de 1991 de Cr\$ 23.131,68 (Veja, 1991), equivalentes a US\$ 71,02 em 12 de julho de 1991, considerando o custo variável da empresa Ribeiro-nense Transportes Coletivos Ltda. (Cr\$ 79,9098/km ou 0,003455 salários mínimos/km), calculado pela Prefeitura Municipal de Florianópolis em 10 de julho de 1991 (PMF, 1991), e uma extensão de 8,155 km. Os custos fixos não foram considerados, uma vez que neste estágio do estudo ainda não é conhecida a frota necessária. O mesmo ocorre com o custo do tempo de espera nos terminais e pontos

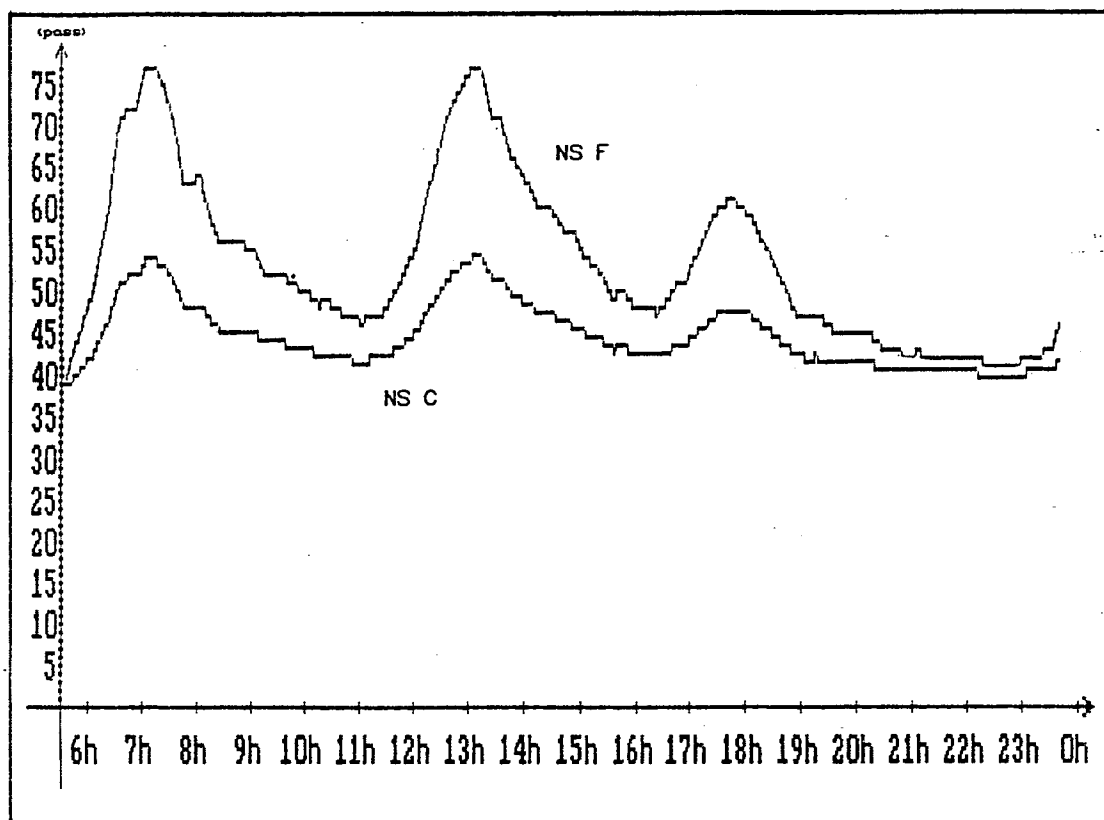


Figura 3.2 - MDV - Estimativas da Distribuição da Lotação do Veículo-Padrão - Modelo 1 (Linha Abraão/BC, 1983)

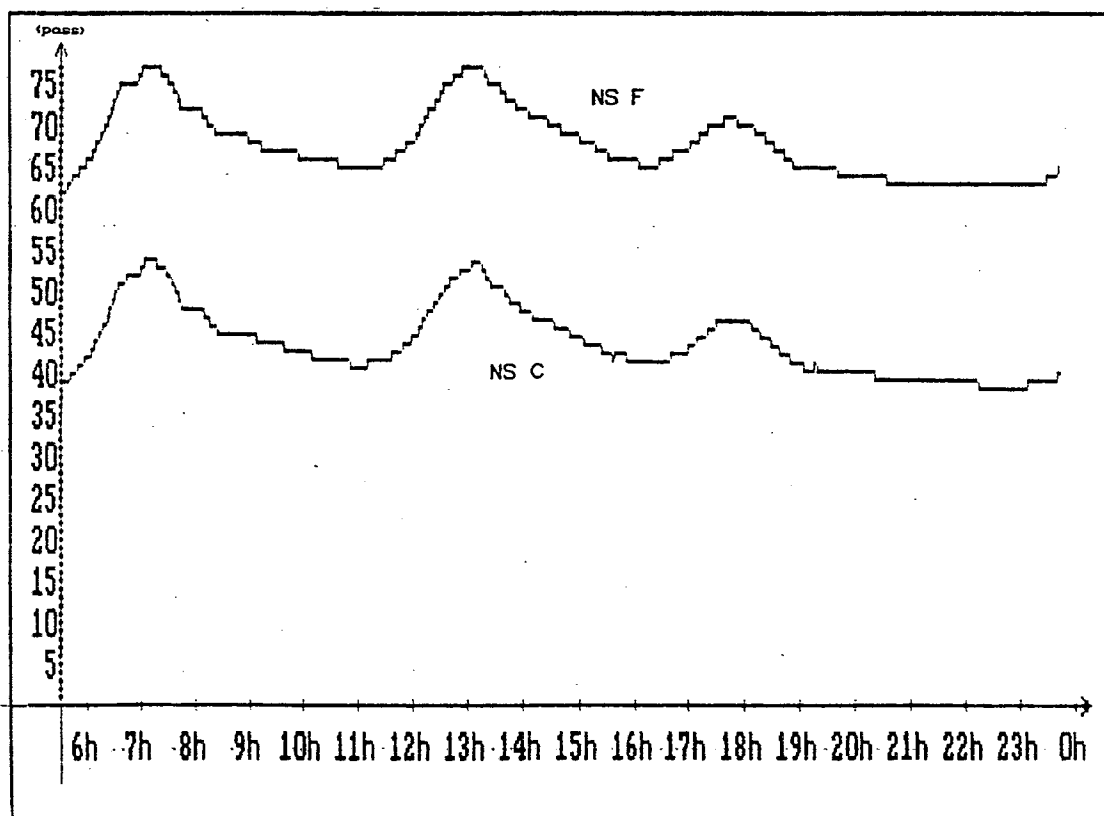


Figura 3.3 - MDV - Estimativas da Distribuição da Lotação do Veículo-Padrão - Modelo 2 (Linha Abraão/BC, 1983)

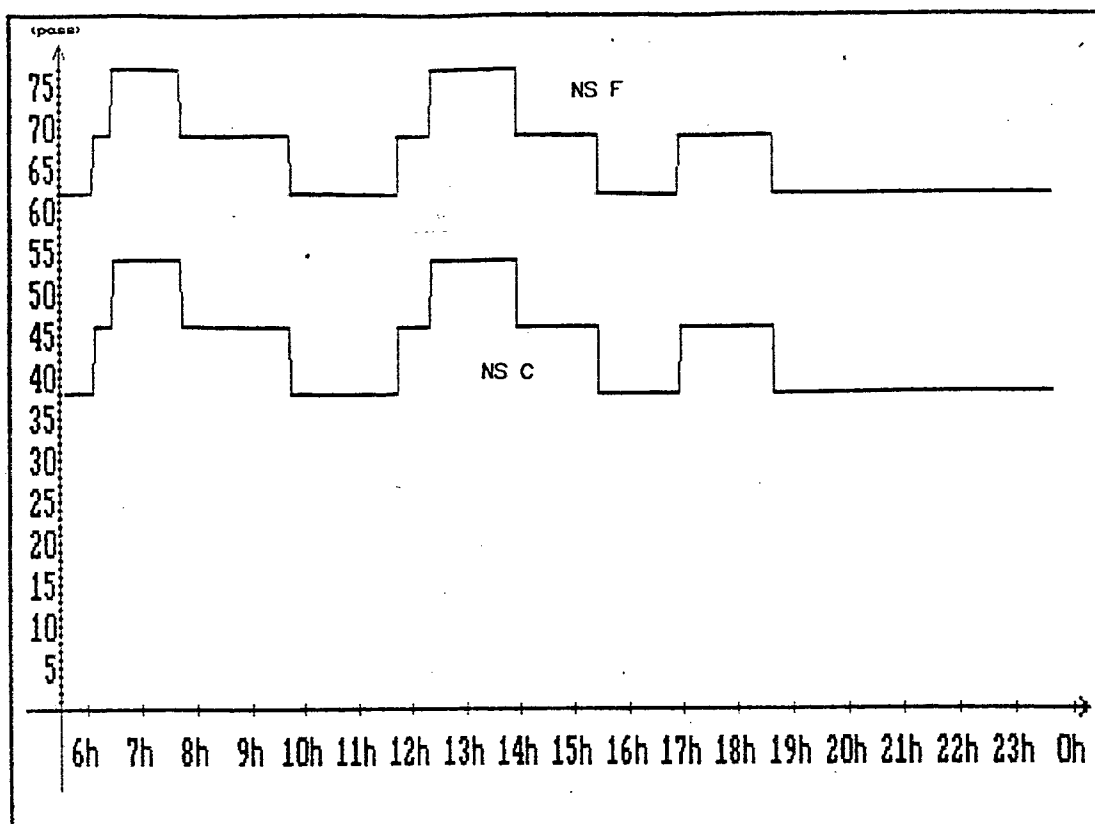


Figura 3.4 - MDV - Estimativas da Distribuição da Lotação do Veículo-Padrão - Modelo 3 (Linha Abraão/BC, 1983)

NS	Quantidade de Viagens Diárias					
	Sentido Bairro-Centro			Sentido Centro-Bairro		
	Mod. 1	Mod. 2	Mod. 3	Mod. 1	Mod. 2	Mod. 3
A	166	166	166	179	179	179
B	149	149	154	160	160	168
C	132	132	134	142	142	143
D	122	113	114	133	123	123
E	113	98	98	121	105	106
F	104	87	87	112	93	93
F ₁	98	78	78	105	84	84
F ₂	91	70	70	98	75	75

Quadro 3.2 - Quantidade de Viagens Mínimas Diárias Necessárias de Acordo com o NS (Linha Abraão, 1983)

NS	Ocupação Média (passageiros/viagem)					
	Sentido Bairro-Centro			Sentido Centro-Bairro		
	Mod. 1	Mod. 2	Mod. 3	Mod. 1	Mod. 2	Mod. 3
A	34,25	34,25	34,25	34,08	34,08	34,08
B	38,15	38,15	36,92	38,13	38,13	36,31
C	43,07	43,07	42,43	42,96	42,96	42,66
D	46,60	50,31	49,87	45,86	49,59	49,59
E	50,31	58,01	58,01	50,41	58,10	58,10
F	54,66	65,34	65,34	54,46	65,59	65,59
F ₁	58,01	72,88	72,88	58,10	72,62	72,62
F ₂	62,47	81,21	81,21	62,24	81,33	81,33

Quadro 3.3 - Ocupação Média de Acordo com o NS
(Linha Abraão, 1983)

NS	Custos Variáveis Diários (sal. mínimos de jul/1991)					
	Sentido Bairro-Centro			Sentido Centro-Bairro		
	Mod. 1	Mod. 2	Mod. 3	Mod. 1	Mod. 2	Mod. 3
A	4,6765	4,6765	4,6765	5,0428	5,0428	5,0428
B	4,1976	4,1976	4,3385	4,5075	4,5075	4,7330
C	3,7187	3,7187	3,7750	4,0005	4,0005	4,0287
D	3,4370	3,1834	3,2116	3,7469	3,4651	3,4651
E	3,1834	2,7609	2,7609	3,4088	2,9581	2,9862
F	2,9299	2,4510	2,4510	3,1553	2,6200	2,6200
F ₁	2,7609	2,1974	2,1974	2,9581	2,3664	2,3664
F ₂	2,5636	1,9720	1,9720	2,7609	2,1129	2,1129

Quadro 3.4 - Custos Variáveis Diários de Acordo com o NS
(Linha Abraão, 1983)

de parada de ônibus, o que deverá ser feito ao se determinar o quadro de horários efetivos.

Observe-se que em todos os indicadores os Modelos 1 e 2 apresentam valores semelhantes para os níveis de serviço mais favoráveis, e os Modelos 2 e 3, para os menos favoráveis. Como este segundo conjunto apresenta os menores custos sem no entanto fornecer graus de conforto expressivamente maiores e menores riscos de distorções nos intervalos resultantes, descartou-se o Modelo 1. Dentre os restantes, optou-se pelo segundo, já que por sua natureza contínua assemelha-se mais ao tratamento dado ao fluxo de passageiros.

Destaque-se que a escolha do Modelo 2 não é definitiva, mas parte de um processo de seleção. O modelo mais apropriado depende de análises específicas das características da linha por parte do órgão gerenciador e/ou do operador, dado o caráter subjetivo do nível de serviço.

3.3.2 - Determinação do Quadro de Horários Mínimos

Conforme já mencionado, o estabelecimento dos horários mínimos tem por objetivo determinar a quantidade de viagens necessária e suficiente para transportar todos os passageiros em um sentido de uma linha, a um dado nível de serviço e com a utilização de um determinado veículo-padrão.

Nos itens seguintes são abordados os modelos do respectivo cálculo, através das práticas em uso e daquela em estudo.

3.3.2.1 - Modelos Existentes

Nos modelos que utilizam os períodos típicos de demanda

constante, a metodologia de cálculo dos horários mínimos é basicamente a mesma, considerando as fontes consultadas: Armando (1982), Cruz (1986), Freitas (1985), Lompa (1988) e TTC (1988).

São conhecidos, para cada período, a duração, o volume de passageiros e o índice de renovação médio. Assim, pode-se calcular, primeiramente, a quantidade de viagens em cada período, como segue:

$$nv_k = \frac{pt_k}{lot_k \times ir_k} \quad (3.11)$$

Onde:

- nv_k : quantidade de viagens mínimas necessárias para o período típico k ;
- pt_k : quantidade de passageiros transportados no período típico k ;
- lot_k : lotação de projeto para o período típico k (passageiros);
- ir_k : índice de renovação do período típico k .

Observe-se que, com a utilização do índice de renovação do período, a quantidade de viagens resultante já considera a correção devida à flutuação espacial da demanda, sendo calculada para a ocupação crítica média deste período. Por outro lado, essa correção pode ser feita, tanto dividindo-se o total de passageiros do período pelo correspondente índice de renovação, o que constitui a quantidade de passageiros no trecho crítico, como multiplicando-se a lotação estipulada pelo mesmo ir , o que significa uma ampliação da lotação do veículo para permitir o transporte do total de passageiros.

Conhecida a quantidade mínima de viagens, pode-se determinar o intervalo entre elas, que é constante e igual a:

$$I_k = \frac{d_k}{nv_k} \quad (3.12)$$

Onde:

I_k : intervalo entre viagens correspondente ao período típico k (minutos);

d_k : duração do período típico k (minutos).

Desta forma, os horários mínimos desse período, serão conhecidos através de:

$$\begin{aligned} \text{hor}_{i,k} &= h + I_k \\ h &= \begin{cases} \text{hor}_{i_{\max},k-1} & \text{para } i=1 \text{ e } k>1 \\ \text{hor}_{i-1,k} & \text{para } i>1 \end{cases} \end{aligned} \quad (3.13)$$

Onde:

$\text{hor}_{i,k}$: i -ésimo horário do período típico k ;

$\text{hor}_{i_{\max},k-1}$: último horário do período anterior ($k-1$);

$\text{hor}_{i-1,k}$: horário anterior ao considerado, no período considerado (k).

Preocupado com os arredondamentos necessários nos intervalos e nas quantidades de viagens, Cruz (1986) recomenda a determinação do que chama de *duração efetiva* do período e de *passageiros efetivamente transportados* no mesmo, dados respectivamente por:

$$de_k = nv_k \times I_k \quad (3.14)$$

$$pte_k = nv_k \times lot_k \quad (3.15)$$

As diferenças havidas são transferidas para o período típico seguinte, determinando-se novos valores para a sua duração (calculada) e sua quantidade total de passageiros transportados

(calculada), ou seja:

$$dc_{k+1} = d_{k+1} + d_k - de_k \quad (3.16)$$

$$ptc_{k+1} = pt_{k+1} + pt_k - pte_k \quad (3.17)$$

Por outro lado, como não é possível determinar-se o fluxo de passageiros correspondente ao primeiro horário da jornada, Armando (1982) e Cruz (1986) sugerem adotar-se o fluxo médio referente à segunda viagem, determinando-se um horário zero e ampliando-se a duração do primeiro período. Este processo permite a estimação do primeiro horário. As demais fontes não mencionam esta situação.

3.3.2.2 - Modelo Proposto

Como no modelo proposto não é considerada a existência de períodos típicos, procurou-se simular o carregamento do veículo-padrão a partir do fluxo estimado de passageiros por minuto.

A medida que se avança no horário, em intervalos de um minuto, carrega-se o veículo-padrão com a quantidade de passageiros estimada para o instante considerado; no momento em que o carregamento acumulado ultrapassar a respectiva lotação, estes passageiros devem ser *desembarcados*, adotando-se como horário de partida o instante anterior. Esta técnica, na realidade consiste na operação inversa daquela realizada para a determinação da distribuição do fluxo de passageiros analisada no item 2.1.1. Ressalte-se que os cálculos são feitos considerando a ocupação crítica, pela devida correção através do índice de renovação médio da linha (equação 2.6). A formulação do modelo é a seguinte:

$$\text{Maximizar } I_i = \text{hor}_i - \text{hor}_{i-1} \quad (3.18)$$

Sujeito a:

$$1- \sum_{j=1}^{i_i} \frac{Z_{j+hor_{i-1}}}{ir} \leq lot_{j+hor_{i-1}} \quad (3.19)$$

$$2- i > 1 \quad (3.20)$$

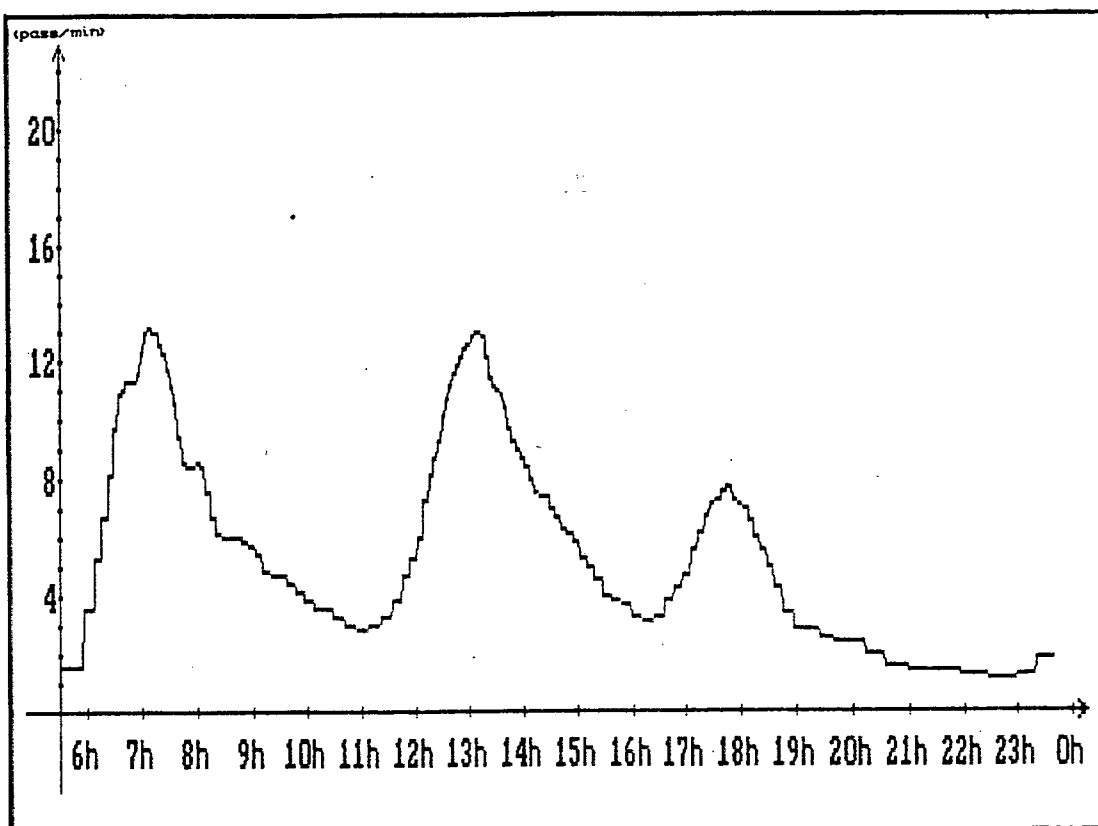
Observe-se que a primeira restrição garante que os horários calculados não transportem, no trecho crítico, mais passageiros estimados do que é permitido pela lotação estipulada para o veículo-padrão.

Pela segunda condição, os horários são determinados a partir do segundo, restando avaliar a situação do primeiro horário. Ao invés de se utilizar a técnica sugerida por Armando (1982) e Cruz (1986), preferiu-se manter o primeiro horário do quadro original, fazendo-se o mesmo com o último. Entende-se que a definição destes extremos, feita pelo órgão gerenciador e/ou pelo operador, reflete um grande número de variáveis que dependem de um profundo conhecimento das características da linha. Uma outra maneira de estabelecimento dos limites da jornada é estimar a demanda reprimida no período não servido, através da realização de um levantamento domiciliar, o que exige recursos elevados, ou então pela avaliação do nível de reclamações/sugestões encaminhadas pela comunidade.

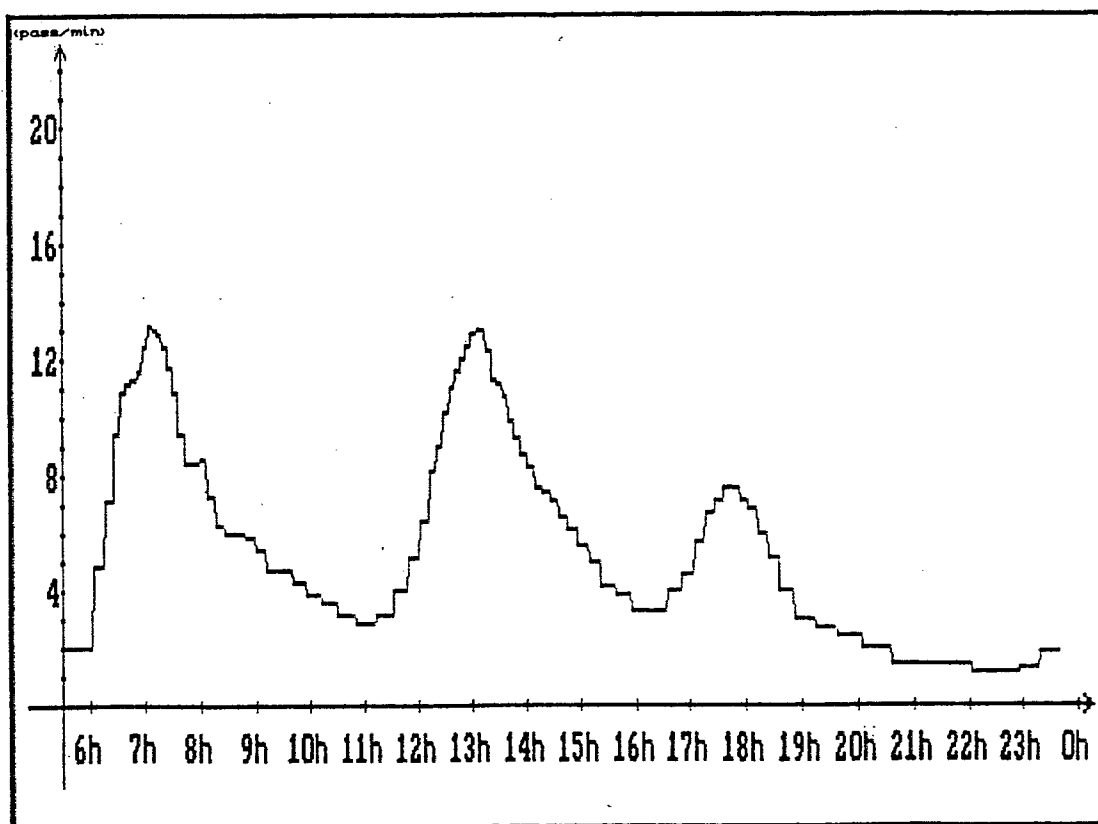
No caso de se desejar estabelecer um intervalo máximo entre viagens basta acrescentar ao modelo uma terceira restrição:

$$3- I_i \leq I_{max} \quad (3.21)$$

A Figura 3.5 mostra as distribuições do fluxo de passageiros resultantes da estimativa de passageiros transportados em cada horário programado para o sentido bairro-centro da linha A-braço, considerando os níveis de serviço C (132 viagens) e F (87



(a) Nível de Serviço C



(b) Nível de Serviço F

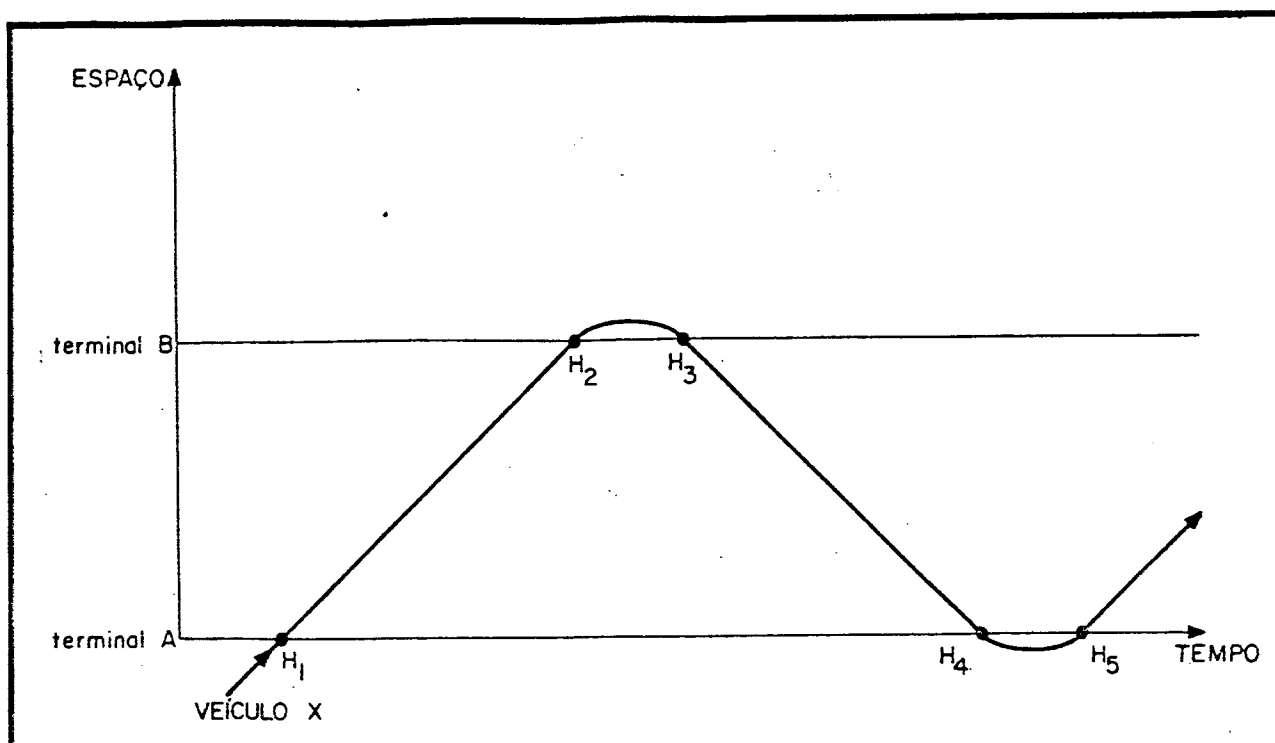
Figura 3.5 - MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros para os Horários Mínimos Calculados (Linha Abraço/BC, 1983)

viagens) e o Modelo 2 de determinação da lotação do veículo-padrão. Conforme pode ser observado, os horários calculados estão de acordo com a estimativa da demanda mostrada na Figura 2.17 (a). Os intervalos são menores nos picos e proporcionalmente maiores para níveis de serviço mais desfavoráveis (no caso, o NS F), decorrentes das diferentes lotações de projeto consideradas, o que era esperado. Além disso, as variações de duração dos intervalos são pequenas, eliminando a possibilidade de intervalos maiores nos vales do que nos picos. Nos MPTDC, estas variações são bruscas, podendo ocorrer tais inconvenientes, o que obriga o redimensionamento dos limites do período típico, além de possibilitar a ocorrência de veículos sub ou superlotados no entorno destes limites.

3.3.3 - Determinação do Quadro de Horários Efetivos

Nas linhas circulares, como só existe um sentido de operação, os horários efetivos se confundem com os considerados mínimos. Para as linhas radiais, conforme já mencionado, deve-se fazer uma compatibilização nos dois sentidos, de modo a haver uma maior disponibilidade de veículos na ponta com maior acúmulo de horários.

O meio mais eficiente para proceder a esta compatibilização é a elaboração dos chamados gráficos de marcha, representações espaço (extensão da linha) x tempo (horário da jornada) destinadas a simular a operação nos dois sentidos. A Figura 3.6 apresenta o esquema de elaboração dos mesmos, indicando os horários de partida (H_1 , H_3 e H_5) e chegada de cada viagem (H_2 e H_4), além dos tempos de viagem ($H_2 - H_1$ e $H_4 - H_3$) e de espera nos terminais ($H_3 - H_2$ e $H_5 - H_4$). Da Figura 3.7 consta o exemplo de uma situação real.



Fonte: Cruz, 1986

Figura 3.6 - Esquema de Elaboração do Gráfico de Marcha

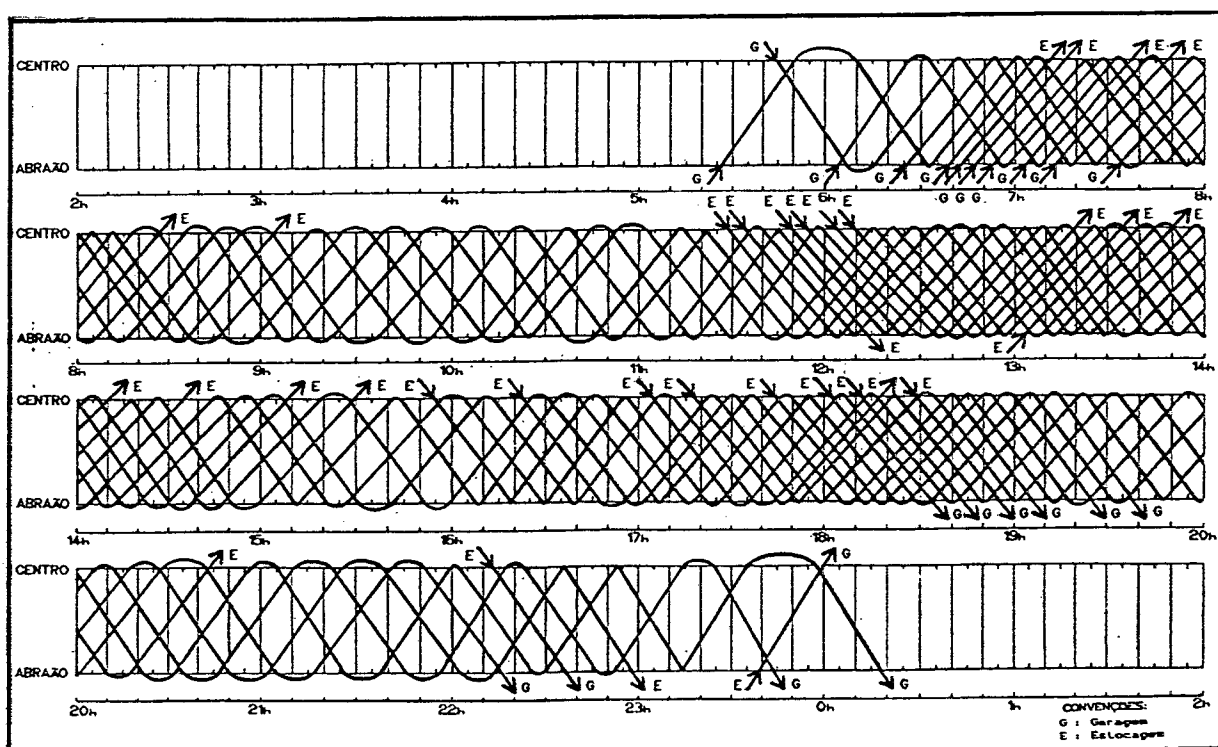


Figura 3.7 - Exemplo de Gráfico de Marcha
(CMDV - Linha Abraão, 1983)

Conforme se pode observar, sua elaboração necessita o conhecimento dos tempos de viagem, para a obtenção dos horários de chegada no outro terminal, e dos tempos de espera mínimos nos terminais, para possibilitar as vinculações necessárias (como entre H_2 e H_3 , na Figura 3.6).

Nos itens seguintes são analisados estes dois parâmetros, assim como as diretrizes para a elaboração do gráfico de marcha e, conseqüentemente, para a determinação dos horários efetivos.

3.3.3.1 - Análise do Tempo de Viagem

O tempo de deslocamento entre terminais, ou de viagem, é a duração do período entre o instante da partida de um veículo do ponto inicial de uma linha e o da sua chegada no ponto final.

Depende de uma grande quantidade de variáveis, como a extensão da linha, a distribuição da demanda de passageiros e o volume de outros veículos ao longo do itinerário, entre outros, muitas delas relacionadas entre si.

A demanda influencia o tempo de viagem pelo aumento das demoras para embarque e desembarque de passageiros nos pontos de parada intermediários quando o fluxo de passageiros é maior. Quando o veículo apresenta excesso de lotação, estas demoras são ainda mais expressivas, uma vez que é necessário haver uma acomodação dos passageiros no seu interior para permitir o carregamento adicional. Este fato constitui indício de que o tempo de viagem esteja relacionado com o horário.

Quando a operação é partilhada, ou seja, não existe qualquer medida de priorização do transporte coletivo e o ônibus precisa disputar o espaço viário com outros veículos, e o volume

global é significativo, tempo de viagem tende a aumentar com o grau de congestionamento. Na maioria dos casos, estas situações ocorrem nos períodos de pico.

Por outro lado, é comum a ocorrência de tempos de viagem expressivos nos vales, uma vez que nesses períodos existem folgas maiores entre as viagens e o motorista tende a dirigir mais devagar, embora as condições de tráfego permitam o desenvolvimento de velocidades maiores.

Em dias chuvosos geralmente a duração da viagem é também maior, devido ao natural aumento dos níveis de congestionamento e a uma maior cautela por parte do motorista.

Outros fatores que influenciam o tempo de deslocamento são as quantidades de pontos de parada intermediários e de semáforos ao longo do itinerário.

Em condições atmosféricas ideais, se não houvessem tais demoras, o tempo de viagem seria aquele apenas necessário para percorrer o itinerário a uma certa velocidade constante. Algumas destas demoras são essenciais, como aquelas para embarque e desembarque de passageiros, mas outras não, como aquelas devidas aos congestionamentos. As não essenciais devem ser eliminadas ou pelo menos minimizadas sempre que forem identificadas, existindo muitas maneiras de fazê-lo, como mostram TTC (1988) e GEIPOT (1976).

Ressalte-se, porém, que alterações expressivas detectadas no tempo de viagem constituem indicadores de revisão dos parâmetros da oferta.

A seguir são apresentados os modelos de cálculo existentes e a proposta deste trabalho.

3.3.3.1.1 - Modelos Existentes

Os modelos em utilização, Armando (1982), Cruz (1986), Freitas (1985), Lompa (1988) e TTC (1988), reconhecem a influência do horário, mas não fazem maiores investigações exploratórias a respeito do tempo de viagem, limitando-se a recomendar a adoção, para cada período típico, da média aritmética simples dos respectivos valores observados.

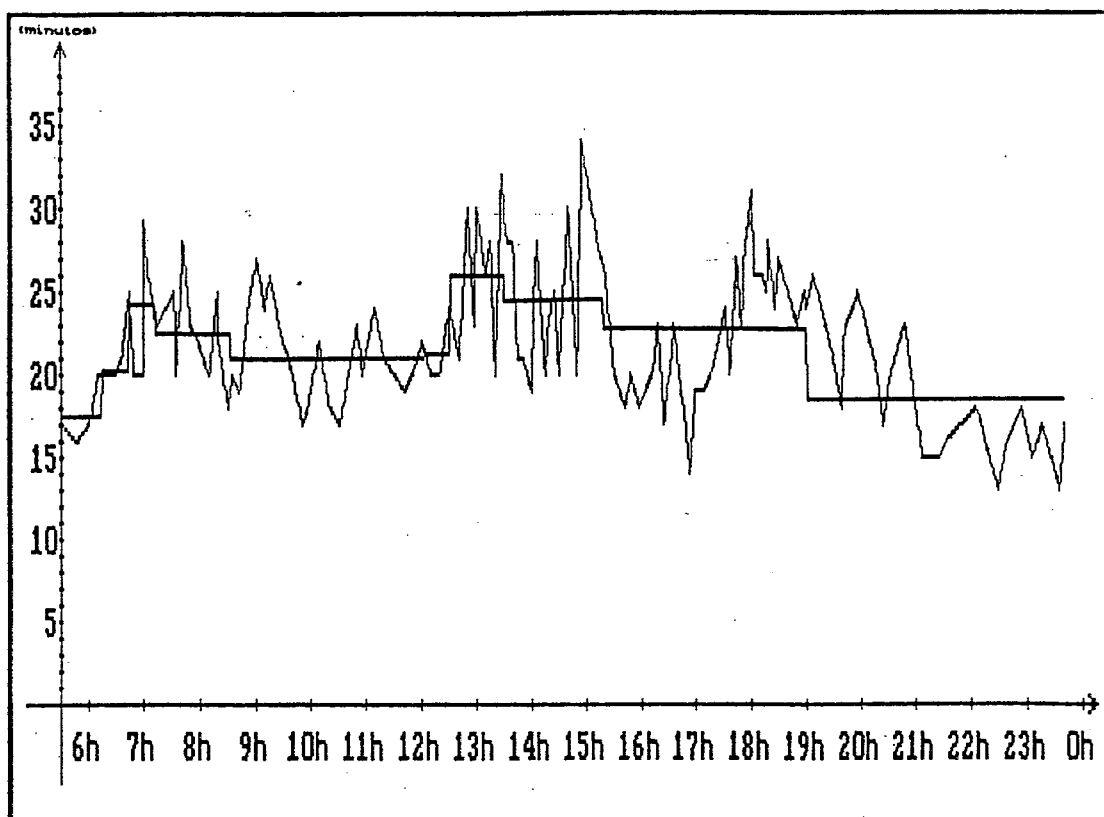
A Figura 3.8 mostra as distribuições reais do tempo de viagem da linha Abraão e as estimativas obtidas desta forma pelo GEIPOT (1984-b). A simples observação destes resultados, que se repetem nas demais distribuições da amostra, mostra a inadequação do modelo, com possíveis reflexos na operação.

3.3.3.1.2 - Modelo Proposto

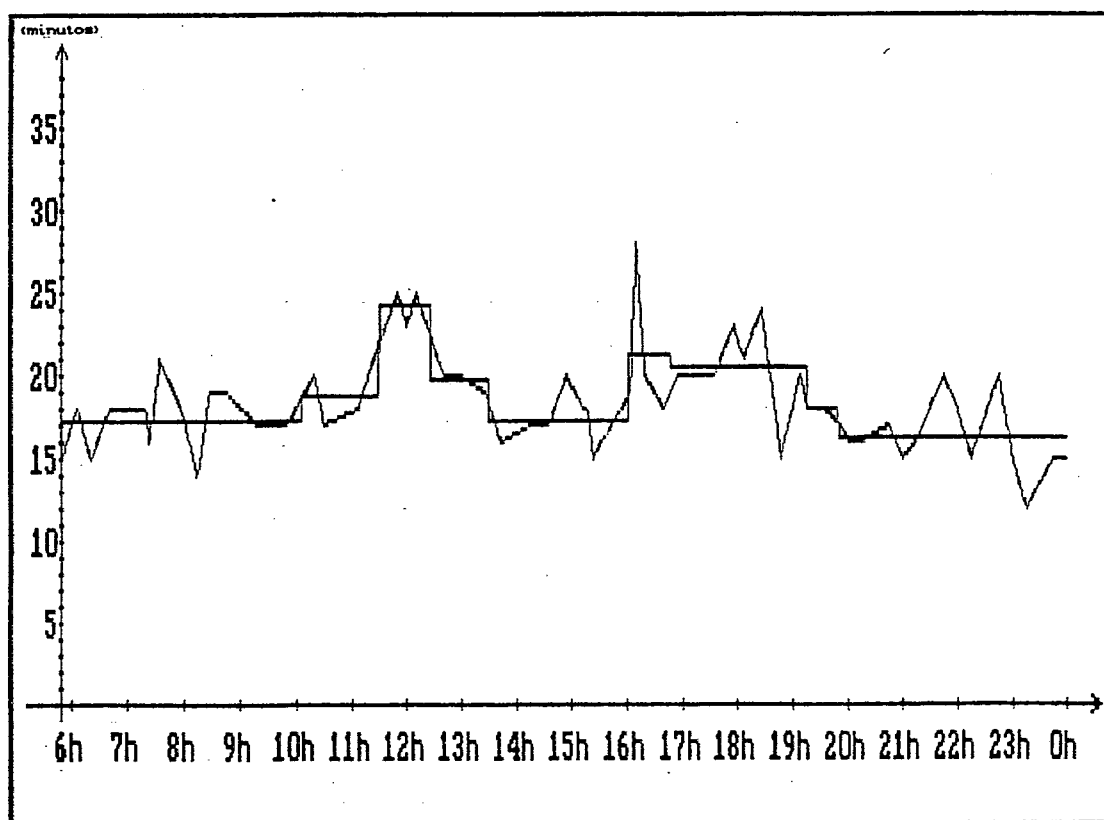
No Modelo de Demanda Variável, considerou-se o tempo de viagem também como uma série temporal, mas não discreta, uma vez que, como esta variável está vinculada ao horário de partida, apresenta intervalos irregulares de observação. Assim, supôs-se uma variação linear entre cada evento, assumindo a distribuição real a forma da Figura 3.8.

Saliente-se que para esta análise foram suprimidas as linhas da Região Metropolitana da Porto Alegre e as de alimentação do TRENSURB, uma vez que as informações pertinentes não estavam disponíveis. A amostra resultante passou a contar com 28 distribuições do Aglomerado Urbano de Florianópolis/SC (municipais e intermunicipais) e de Uberlândia/MG.

O tratamento dado foi idêntico àquele da demanda (ver item 2.4.1.2), pela semelhança de comportamento das mesmas para to-



(a) - Sentido Bairro-Centro



(b) - Sentido Centro-Bairro

Figura 3.8 - MPTDC - Estimativas da Distribuição do Tempo de Viagem (Linha Abraão, 1983)

das as linhas da amostra. Procedeu-se primeiramente a um alisamento preliminar, através das médias em intervalos de dez minutos, e depois à aplicação do método de suavização de médias móveis centradas. As Figuras 3.9 a 3.11 mostram as estimativas obtidas com a utilização das médias móveis de 3, 5 e 7 períodos, considerando a linha Abraão. Pela análise das distribuições resultantes para todas as linhas da amostra, concluiu-se pela adoção do filtro de 5 períodos (Figura 3.10). No Anexo 2 são mostradas todas as estimativas da amostra assim obtidas.

Ressalte-se que foi adotado um critério de arredondamento (esta variável é expressa em minutos, indivisíveis) a favor da segurança, ou seja:

$$t_{ve} \geq t_{vc} \quad (3.22)$$

Onde:

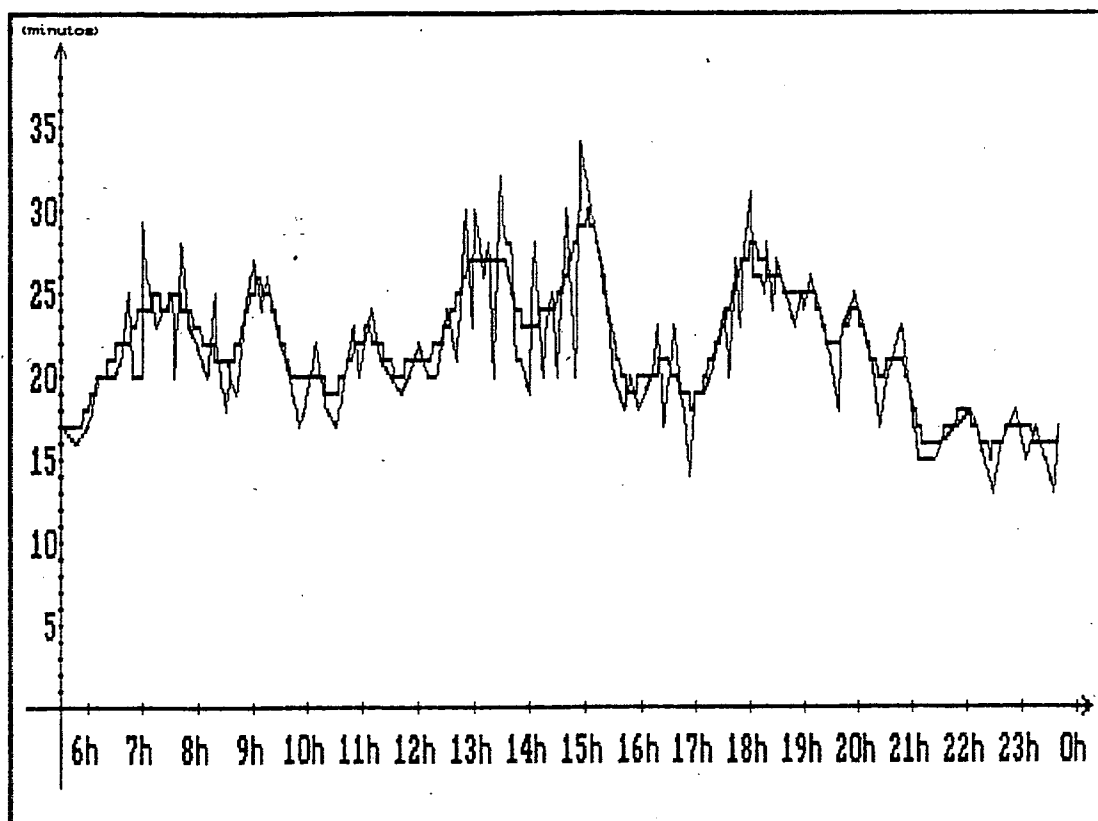
t_{ve} : tempo estimado de viagem - arredondado (minutos);

t_{vc} : tempo de viagem calculado pelo método MMC-5 (minutos).

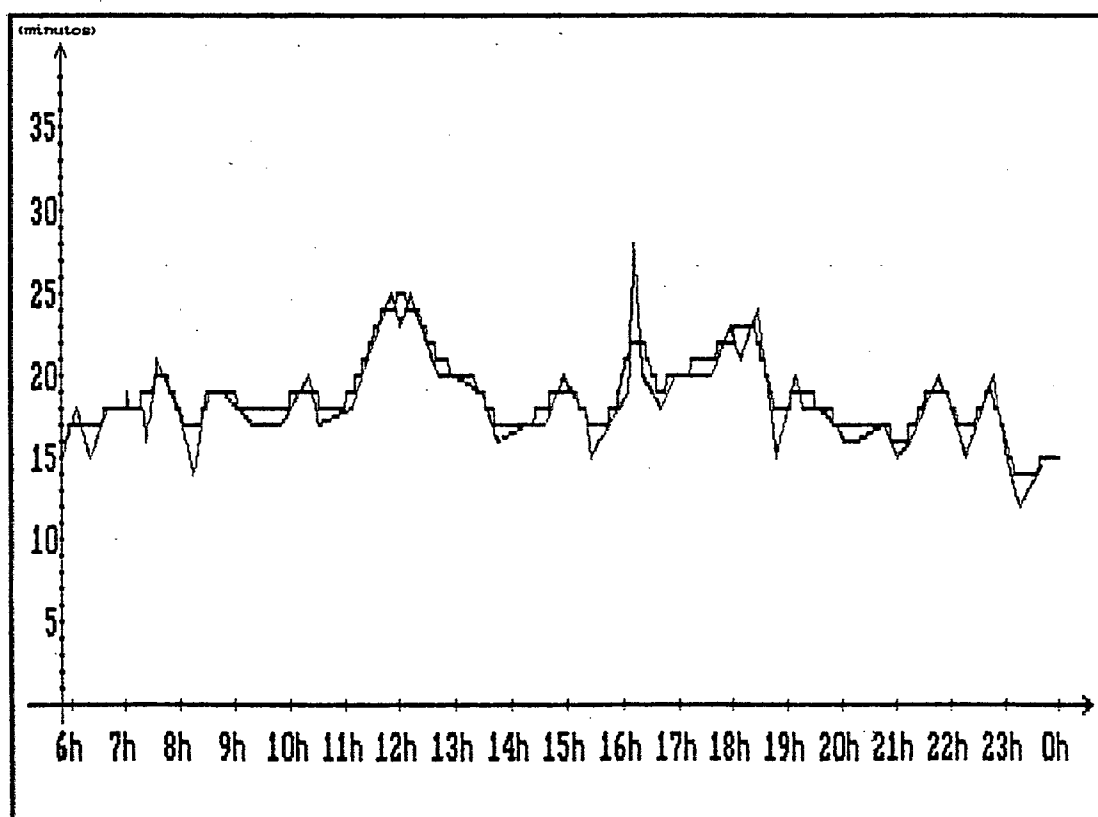
3.3.3.2 - Análise do Tempo de Espera nos Terminais

O tempo de espera nos terminais corresponde ao intervalo entre o instante da chegada de um determinado veículo no terminal considerado e o de sua partida para a realização de uma nova viagem. É composto de uma parcela essencial, necessária para as operações de embarque e desembarque, e outra não essencial, que é aquela necessária para o cumprimento do horário seguinte, ou folga.

As folgas dependem da programação de cada veículo e decorrem da própria adequação dos horários à demanda estimada, po-

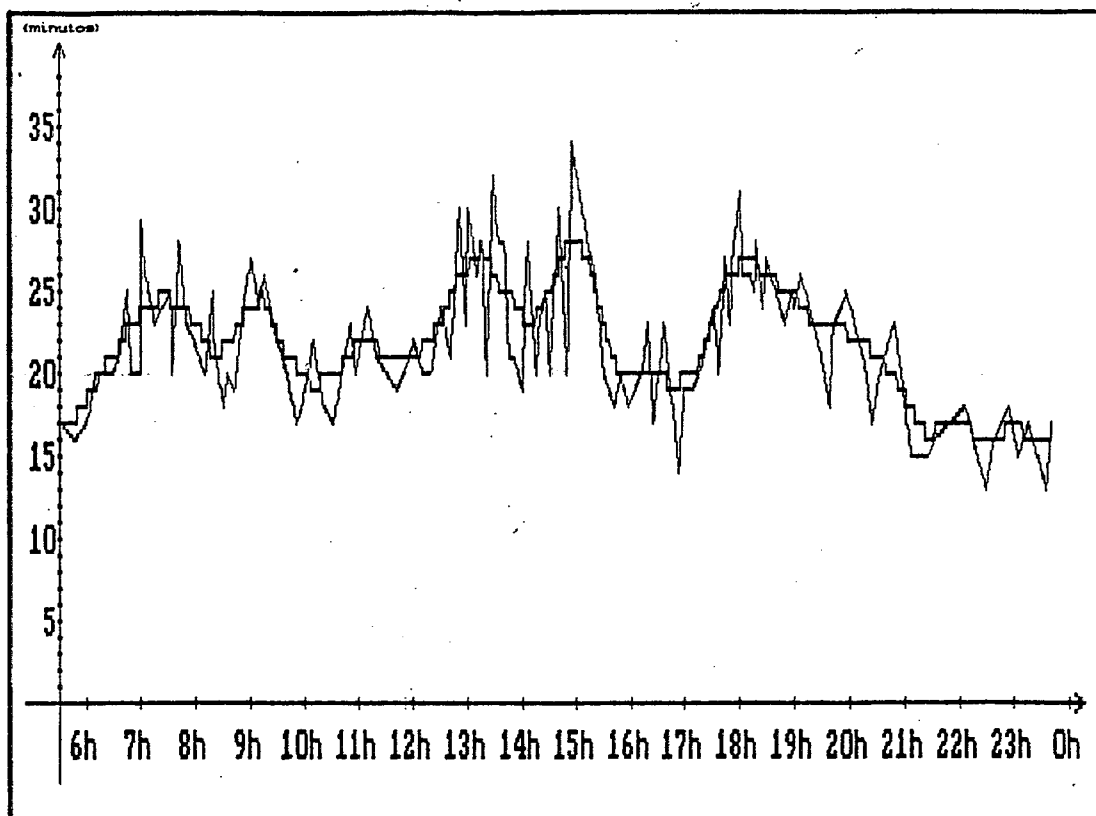


(a) - Sentido Bairro-Centro

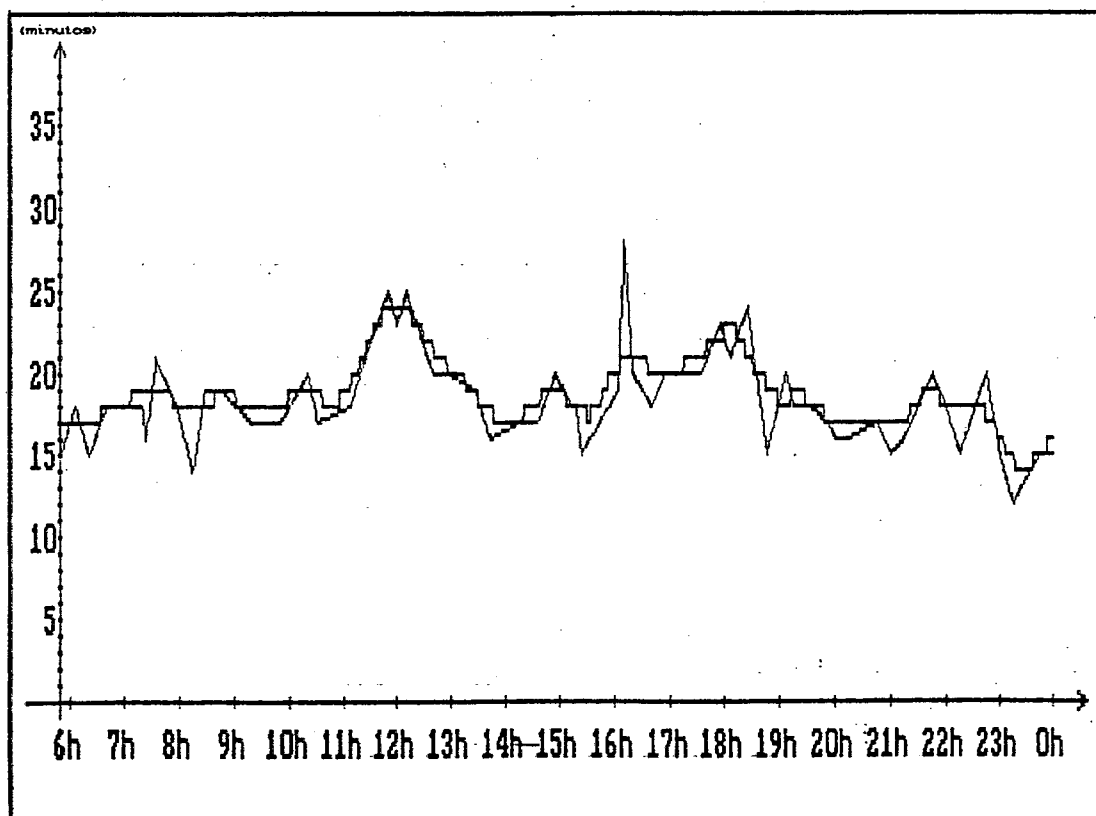


(b) - Sentido Centro-Bairro

Figura 3.9 - MDV - Estimativas da Distribuição do Tempo de Viagem - MMC-3 (Linha Abraão, 1983)

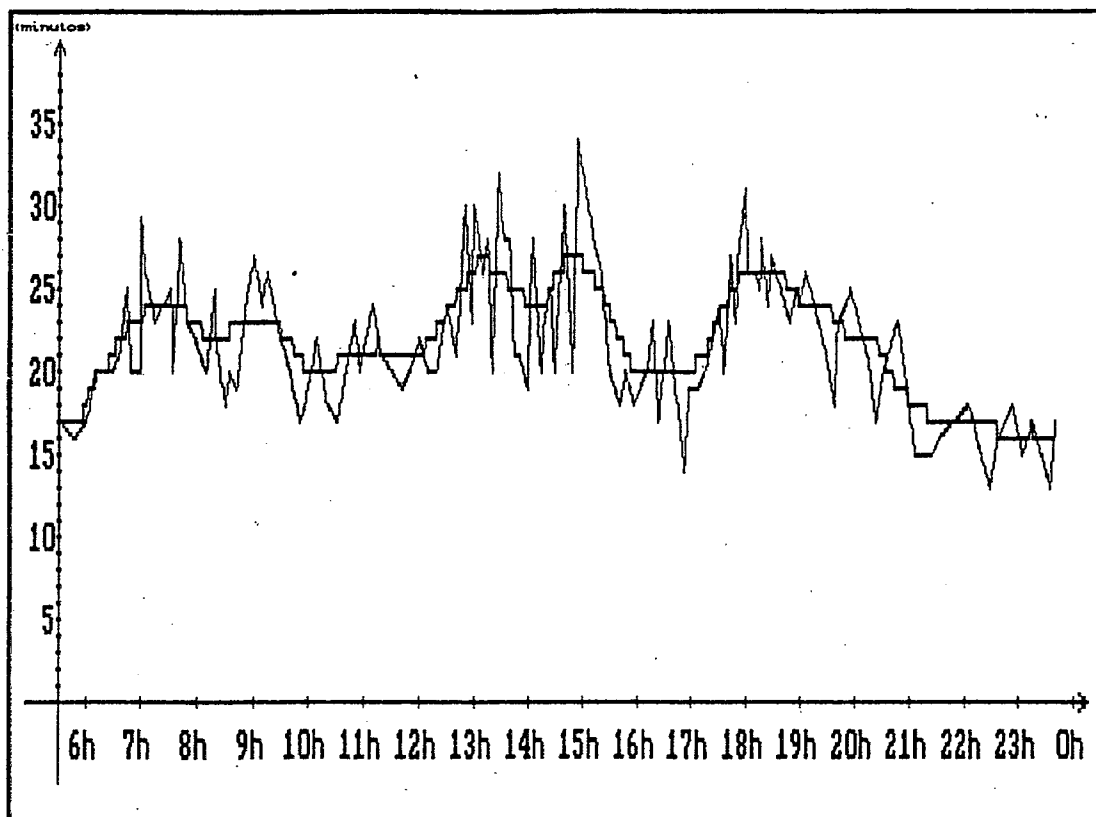


(a) - Sentido Bairro-Centro

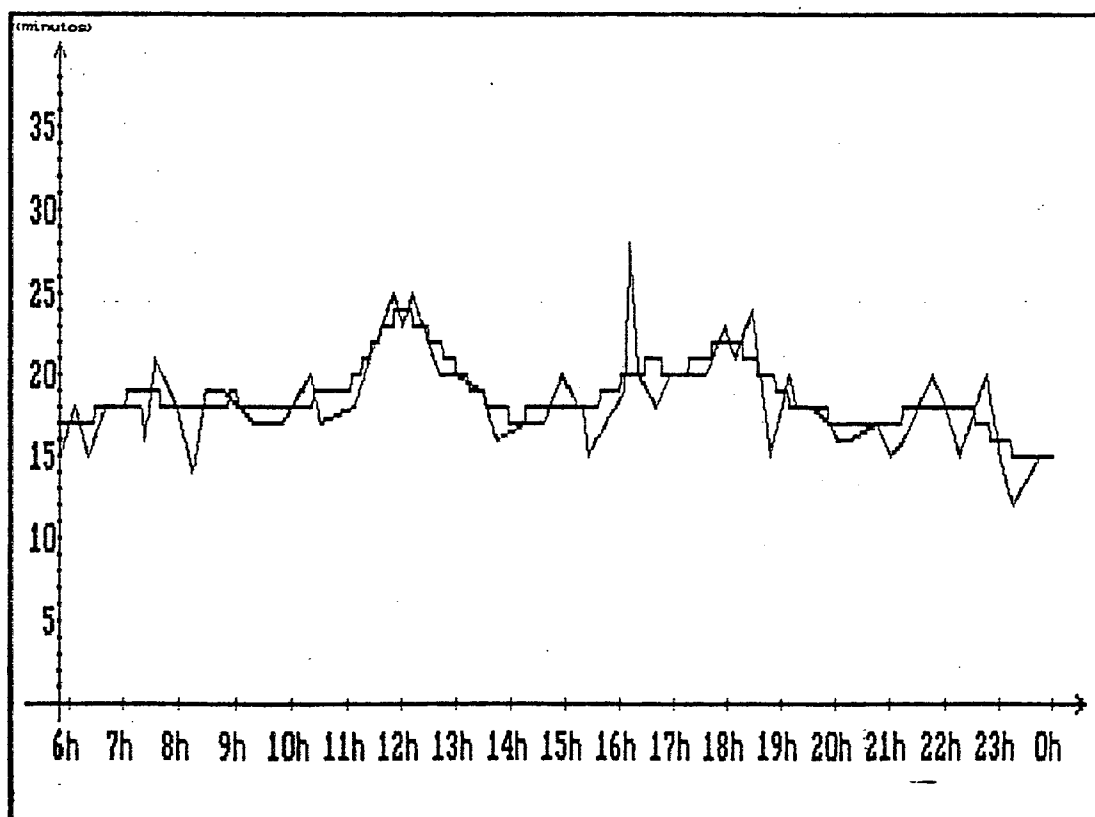


(b) - Sentido Centro-Bairro

Figura 3.10 - MDV - Estimativas da Distribuição do Tempo de Viagem - MMC-5 (Linha Abraão, 1983)



(a) - Sentido Bairro-Centro



(b) - Sentido Centro-Bairro

Figura 3.11 - MDV - Estimativas da Distribuição do Tempo de Viagem - MMC-7 (Linha Abraão, 1983)

dendo assumir valores que variam de zero até várias horas.

O parâmetro de interesse, neste caso, é o intervalo mínimo necessário para as operações de embarque e desembarque nos terminais, para permitir o conhecimento do horário a partir do qual o veículo estará disponível para iniciar uma nova viagem. Assim, quer-se estimar valores para o tempo de embarque em uma extremidade da viagem e o de desembarque na outra, que somados ao tempo de viagem indicarão o período em que o veículo está comprometido.

Nos levantamentos disponíveis, o tempo de espera encontra-se agregado, conforme esperado pela metodologia adotada (ver Anexo 1), impossibilitando sua análise.

Cruz (1986) sugere que o tempo de espera seja de cinco minutos e TTC (1988), não inferior a três minutos.

Por outro lado, o GEIPOT (1976) faz uma análise dos tempos de embarque e desembarque, estimando, para um veículo convencional, um tempo de embarque de 2,0 segundos por passageiro e de desembarque de 1,6 seg/pass. TTC (1988) amplia estes valores para faixas de 2,0 a 2,5 seg/pass e de 1,5 a 2,0 seg/pass respectivamente. Considera, ainda, valores para os veículos do tipo PADRON (GEIPOT, 1982), de 1,2 seg/pass (embarque) e de 0,8 seg/pass (desembarque), já que apresentam portas mais largas, permitindo a passagem de duas pessoas simultaneamente.

É importante salientar que estas operações podem ser feitas ao mesmo tempo, reduzindo o tempo total, que passa a ser igual ao maior dos dois.

Para o modelo proposto, supôs-se uma situação extrema a favor da segurança, adotando-se as seguintes premissas:

- Os embarques e desembarques não são simultâneos;

- O tempo de embarque é fixado em 2,5 seg/pass e o de desembarque em 2,0 seg/pass;
- A quantidade de passageiros que embarcam e/ou desembarcam é igual à lotação adotada para o veículo-padrão para o horário de partida da viagem considerada.

Como exemplo, se a lotação de projeto for de 69 passageiros (NS E, no pico) o tempo de espera mínimo será aproximadamente de 3min, tanto para embarque antes do início da viagem (2,9 min), como para desembarque no seu final (2,3 min). Observe-se que este arredondamento também está a favor da segurança. Uma viagem de 20 min neste período comprometeria o veículo durante 26 min.

Considerando as lotações possíveis adotadas (ver Quadro 3.1) e os arredondamentos necessários, esses tempos assumem isoladamente, ao longo da jornada, valores entre 2 e 4 minutos, inclusive. Conseqüentemente, o tempo mínimo de espera nos terminais se situa entre 4 e 8 minutos.

3.3.3.3 - Cálculo dos Horários Efetivos

A maneira mais eficaz de se determinar os horários efetivos das linhas radiais é através da elaboração dos gráficos de marcha. Embora praticamente todas as fontes consultadas mencionem o esquema de sua construção, é Cruz (1986) quem apresenta um detalhamento maior, mostrando muitas das possíveis situações reais encontradas.

Na maioria das vezes, os gráficos de marcha são construídos manualmente, o que é, de certa forma, complexo e custoso, exigindo muitas horas de trabalho.

É objetivo deste trabalho desenvolver um algoritmo capaz

de permitir sua informatização, e com isso reduzir tempo, pessoal e custos. Este algoritmo segue basicamente os mesmos passos indicados por Cruz (1986), e pode ser aplicado independentemente do modelo utilizado para a determinação dos horários mínimos.

Considere-se o conjunto de horários da jornada do sentido s de uma linha (desde o primeiro, hor_1 , até o último, hor_n). Levando em conta que os tempos de embarque no terminal de origem e de desembarque no terminal de destino fazem parte de cada viagem, o conjunto de horários de início e final virtuais de todas as viagens possíveis no sentido s da será obtido através das equações que seguem e cujo conceito é mostrado na Figura 3.12:

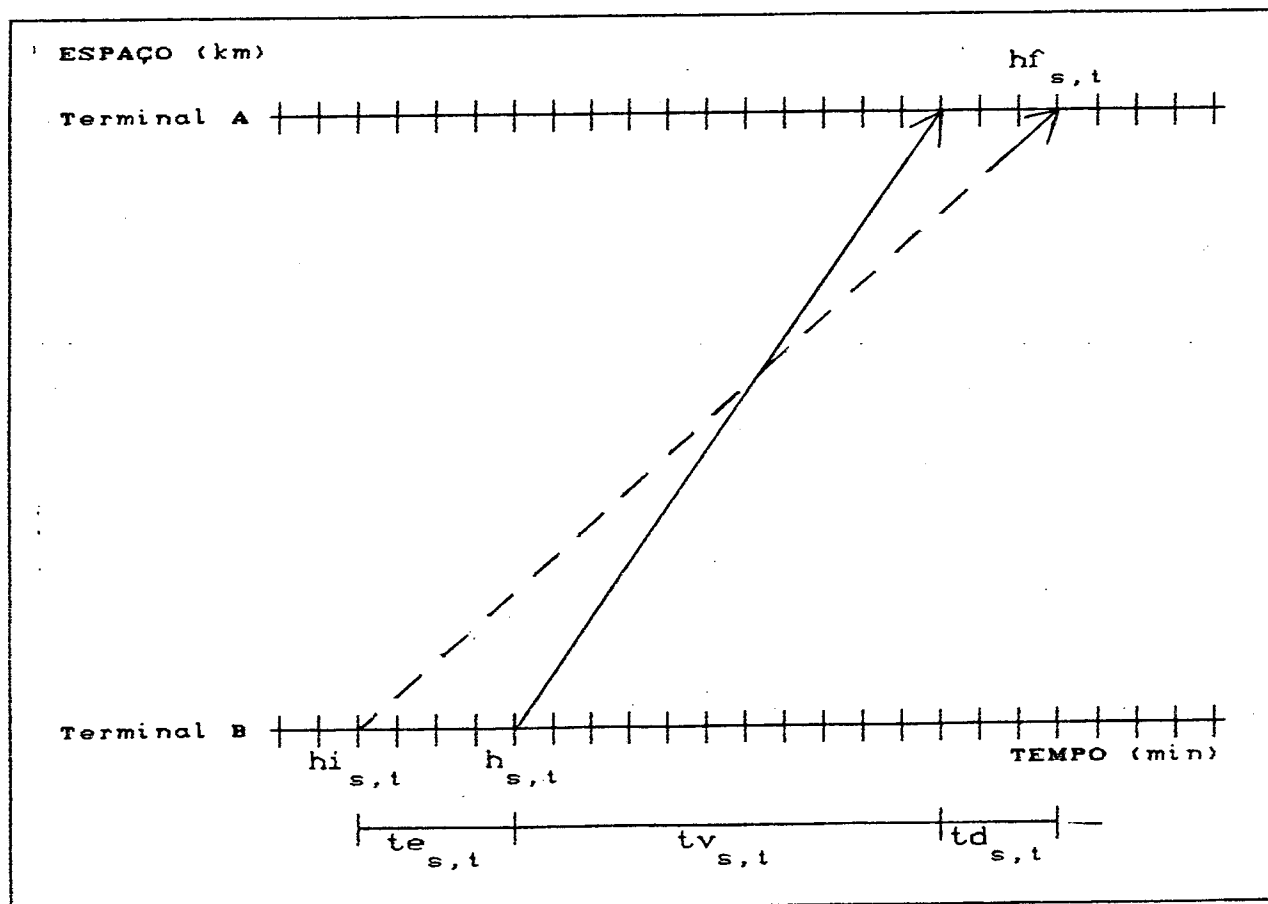


Figura 3.12 - Conceito de Horário Virtual

$$hi_{s,t} = h_{s,t} - te_{s,t} \quad (3.23)$$

$$hf_{s,t} = h_{s,t} + tv_{s,t} + td_{s,t} \quad (3.24)$$

Onde:

$hi_{s,t}$: horário virtual de início de viagem correspondente ao instante t do sentido s ;

$hf_{s,t}$: horário virtual de término de viagem correspondente ao instante t do sentido s ;

$h_{s,t}$: horário real de início de viagem correspondente ao instante t do sentido s ;

$te_{s,t}$: tempo de embarque correspondente ao instante t do sentido s (minutos);

$td_{s,t}$: tempo de desembarque correspondente ao instante t do sentido s (minutos).

$tv_{s,t}$: tempo de viagem correspondente ao instante t do sentido s (minutos).

Observe-se que os valores de te , td e tv estão referidos ao parâmetro t , em conformidade com o referencial adotado na determinação das respectivas distribuições, ou seja, o horário de início da viagem. Desta forma, são conhecidas as distribuições de hi e hf para toda a jornada, sejam quais forem os horários mínimos calculados e o modelo utilizado nas fases anteriores.

Assim, o veículo que cumprir um determinado horário t , (viagem k) no sentido s , só poderá perfazer a viagem k' de horário t' , no sentido oposto s' , se e somente se o horário virtual de início desta viagem ($hi_{s',t'}$), em minutos, for maior que o horário virtual de chegada da viagem k , ou pelo menos igual:

$$hi_{s',t'}(k') \geq hf_{s,t}(k) \quad (3.25)$$

Para a indicação de quais dos horários possíveis correspondem aos horários mínimos calculados, foi estabelecido um rótulo α , ao qual são atribuídos os seguintes valores:

• Para $t = \text{hor}_{s,1}$ até $t = \text{hor}_{s,n}$, fazer:

$$\begin{cases} \alpha_{s,t} = 0 & \text{se } t = \text{hor}_{s,k} \\ \alpha_{s,t} = 1 & \text{se } t \neq \text{hor}_{s,k} \end{cases} \quad (3.26)$$

Onde:

$\text{hor}_{s,k}$: horário real de início da k-ésima viagem
(mínima) no sentido s;

$\text{hor}_{s,1}$: horário real de início da primeira viagem
(mínimo) da jornada no sentido s;

$\text{hor}_{s,n}$: horário real de início da última viagem
(mínimo) da jornada no sentido s.

Na realidade, α será unitário para todos os horários do quadro mínimo e nulo para os demais, considerando a jornada.

De maneira semelhante, são criados mais dois rótulos β e γ , que indicarão qual dos dois tipos de vinculação será feito entre o final virtual de uma viagem e o início virtual de outra, no sentido oposto.

O primeiro tipo de vinculação (vc_1), que pode ser chamada de direta, é constituído de duas etapas. Na primeira, $vc_{1,1}$, o veículo que chega num dado terminal irá perfazer o horário mais imediato previsto após o desembarque de todos os passageiros, se neste intervalo não ocorrer a chegada de outro veículo neste mesmo terminal. Esta consideração tem por objetivo minimizar o tempo de permanência do veículo no terminal, evitando com isso o acúmulo de ônibus junto à plataforma.

A segunda etapa ($vc_{1,2}$) ocorre quando existe disponibi-

lidade de veículos (D) em um terminal e necessidade de veículos (N) no outro. Nesta situação, é preciso remover tantos veículos do terminal onde $D > 0$, para aquele em que $N > 0$, criando viagens.

O rótulo β vai indicar o tipo de vinculação que a viagem em consideração terá com a anterior, enquanto γ , com a seguinte. Ambos são associados ao sentido de operação s , e também aos horários virtuais de início e final da viagem, respectivamente. Estes, por sua vez, estão associados ao horário mínimo, o que permite o conhecimento simultâneo destas três informações para cada instante t da jornada.

β e γ são inicialmente nulos para os horários de início e final das viagens virtuais, respectivamente, e assumem o valor 3 para os demais horários (os valores 1 e 2 são reservados para o tipo de vinculação). Assim, tem-se que:

- Para $t = \text{hor}_{s,1}$ até $t = \text{hor}_{s,n}$, fazer:

$$\begin{aligned} \text{se } \alpha_{s,t} = 0, \text{ então} & \left\{ \begin{array}{l} \beta_{s,hi_{s,t}} = 0 \\ \gamma_{s,hf_{s,t}} = 0 \end{array} \right. \\ \text{se } \alpha_{s,t} = 1, \text{ então} & \left\{ \begin{array}{l} \beta_{s,hi_{s,t}} = 3 \\ \gamma_{s,hf_{s,t}} = 3 \end{array} \right. \end{aligned} \quad (3.27)$$

Um exemplo de $vc_{1,1}$ é mostrado na Figura 3.13 e pode ser assim formulado:

- Para $t = \text{hor}_{s,1}$ até $t = \text{hor}_{s,n}$, fazer:

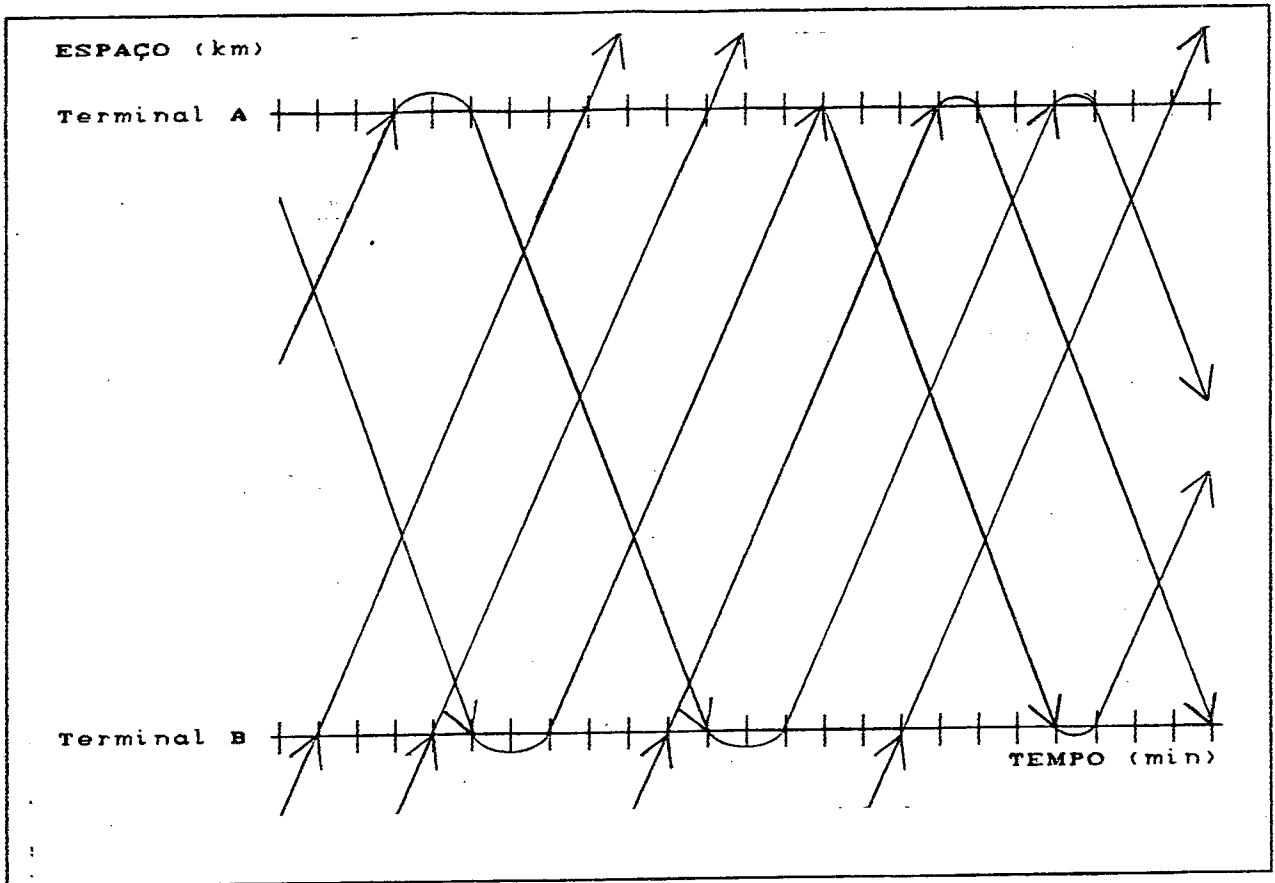


Figura 3.13 - Esquema de Vinculação do Tipo 1 - Primeira Etapa

Se $\gamma_{s,t} = 0$ (chegada de um veículo), então:

Fazer $r=t$ e incrementar r até que:

$\beta_{s,hi_{s,r}} = 0$ (partida) ou $\gamma_{s,hi_{s,r}} = 0$ (chegada);

Se $\beta_{s,hi_{s,r}} = 0$, então:

Fazer $\beta_{s,hi_{s,r}} = 1$ e $\gamma_{s,t} = 1$.

Observe-se que, desta forma, fica vinculada a viagem que chega no terminal em t e a que dele parte em r . Por outro lado, se durante o incremento de r for detectada uma outra chegada ($\gamma=0$), então o processo pára e, na iteração seguinte, esta é que é vinculada com a partida em r .

Este processo é repetido para o outro sentido, partindo-se para a segunda etapa.

Nesta, faz-se necessário decidir entre criar viagens no sentido da extremidade da linha em que há disponibilidade de veículos para aquela em que há necessidade dos mesmos ou então manter aqueles disponíveis onde estão estocados e alocar mais ônibus onde estão faltando.

Para esta tomada decisão, foi feita uma simulação para o caso da linha Abraão, considerando:

- Custo diário de acréscimo de uma viagem (em salários mínimos de jul/1991 - 1 SM=Cr\$ 23.131,68):
 - Custo variável: Cr\$ 79,9098/km (PMF, 1991) ou 0,003455 SM/km;
 - Extensão da linha Abraão: 8,155 km;
 - Custo diário: 0,028176 SM.
- Custo diário de acréscimo de um veículo à frota:
 - Custo fixo mensal: Cr\$ 1.045.170,156/veículo (PMF, 1991) ou 45,183495 SM/veículo;
 - Custo diário (22 dias úteis): Cr\$ 47.507,734/veículo ou 2,053795 SM/veículo.

Como se pode observar, neste caso, alocar mais um ônibus à frota fica quase 73 vezes mais caro, comparável à criação de igual quantidade de viagens ou a um acréscimo de uma viagem em uma linha com 73 km de extensão, o que é extremamente raro em sistemas urbanos. Deste modo, sempre que necessário, e possível, serão criadas viagens.

A $vc_{1,2}$ é feita em dois passos sequenciais, conforme descrito a seguir.

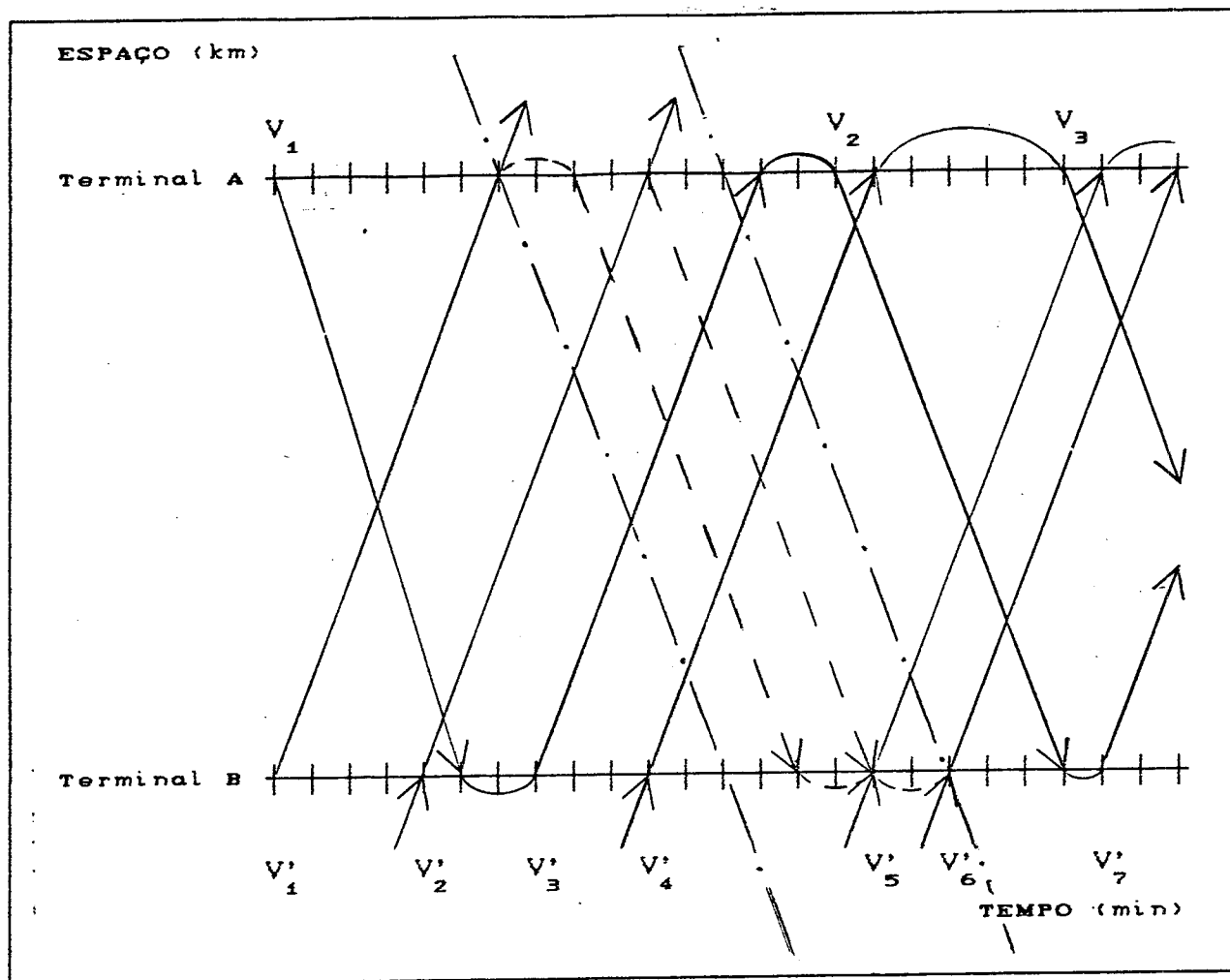


Figura 3.14 - Esquema de Vinculação do Tipo 1 - Segunda Etapa - Passo 1

O primeiro passo, ilustrado na Figura 3.14, identifica as situações em que, supondo que as chegadas se dão no terminal B, a necessidade e a disponibilidade pertencem a um mesmo intervalo entre viagens partindo de A. No caso da Figura, no intervalo entre as viagens V_1 e V_2 , dois veículos se encontram disponíveis em A ($D_A=2$), uma vez que as viagens V'_1 e V'_2 não sofreram vinculação do primeiro tipo ao seu final. Por outro lado, no terminal B, são necessários três veículos ($N_B=3$) para o cumprimento dos horários das viagens V'_4 a V'_6 , não vinculadas. Desta forma, é preciso criar duas viagens (menor dos dois valores D_A ou N_B) no sentido $s(A \rightarrow B)$, economizando dois veículos na frota necessária. Naturalmente, como está presente a restrição 3.24, o intervalo de possibilidades de

início destas duas viagens criadas fica limitado, à esquerda, pelo horário virtual de término de V'_1 e, à direita, pelo horário cujo final virtual coincide com o início virtual da viagem V'_6 . A distribuição das viagens criadas neste segundo intervalo é então feita pela divisão do mesmo em, no caso, três partes iguais. Em termos de algoritmo, este passo é formulado como segue:

• Para $t = \text{hor}_{s,1}$ até $t = \text{hor}_{s,n}$, fazer:

Se $\gamma_{s,t} = 0$ (chegada de um veículo), então:

Fazer $m=t$ e incrementar m até que $hi_{s,m} = t$ (m marca o início do intervalo);

Fazer $r = hf_{s,m}$ e incrementar r até que $hi_{s',r} = hf_{s,m}$;

Fazer $D_A = 1$ e incrementar m até que $\gamma_{s,m} = 1$ (vinculação final de V'_3); neste intervalo, incrementar D_A sempre que $\gamma_{s,m} = 0$ (chegadas em A);

Fazer $N_B = 0$ e incrementar r até que $\beta_{s',r} = 1$ (vinculação inicial de V'_7); neste intervalo, incrementar N_B sempre que $\beta_{s',r} = 0$ (partidas em B sem vinculação);

Fazer VC_A igual ao menor dos dois valores, N_B ou D_A (quantidade máxima de viagens criadas);

Se $VC_A > 0$, então:

Decrementar r até que $\beta_{s',r} = 0$ (início virtual de V'_6);

Fazer $w=r$ e decrementar g até que $hf_{s,v} =$

r ($hi_{s',v}$ é o final do intervalo);

Calcular o horário de cada viagem criada:

$$hor_c = m + c \times \frac{hi_{s',v} - m}{VC_A + 1} \quad (3.28)$$

$$c \in \{1, 2, \dots, VC_A\}$$

Onde:

hor_c : horário real da viagem criada c no intervalo considerado;

Fazer $\alpha_{s,t} = 0$ para todo $t = hor_c$.

Concluído esse processo para ambos os sentidos, volta-se a aplicar o procedimento relativo à equação 3.27, eliminando todas as vinculações feitas, e novamente a $vc_{1,1}$, agora com a inclusão das novas viagens.

Entretanto, ainda pode haver a possibilidade de criação de viagens, desde que persistam a disponibilidade em um terminal e a necessidade no outro. Agora, porém, elas não se dão dentro do mesmo intervalo entre viagens consecutivas partindo de um mesmo terminal. A criação das viagens correspondentes é feito, então, através do segundo passo da $vc_{1,2}$, ilustrado na Figura 3.15. Neste processo, identifica-se primeiramente a ocorrência de tal situação, podendo-se criar, para cada caso, uma viagem em qualquer posição dentro do intervalo correspondente, que agora é maior.

Neste trabalho, optou-se por fazer o veículo disponível em uma extremidade retornar o mais breve possível para aguardar o horário devido (em que há necessidade). Nada impede, porém que is-

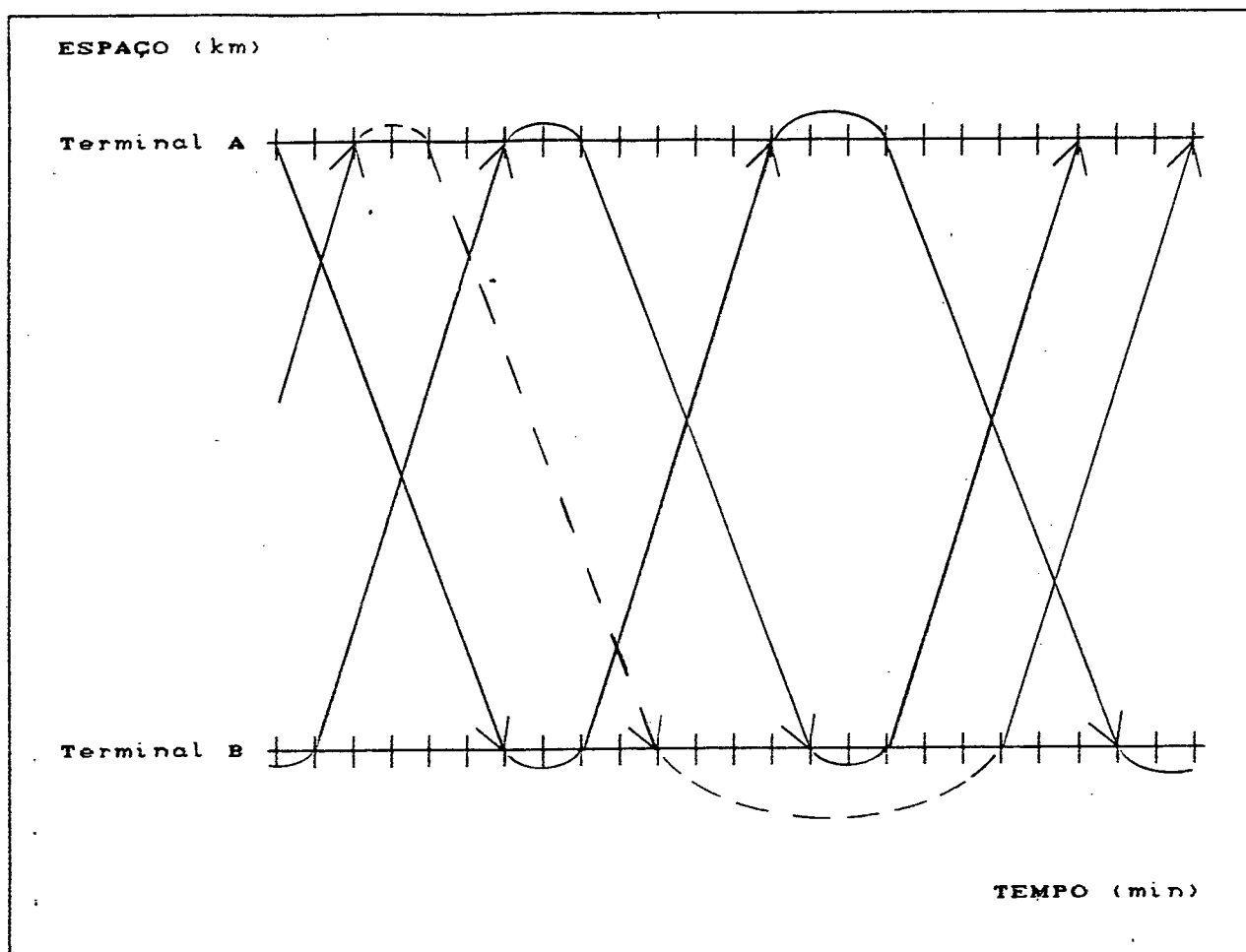


Figura 3.15 - Esquema de Vinculação do Tipo 1 - Segunda Etapa - Passo 2

to seja feito mais próximo deste horário.

O procedimento correspondente ao passo 2 da $vc_{1,2}$ é formulado como segue:

• Para $t = \text{hor}_{s,1}$ até $t = \text{hor}_{s,n}$, fazer:

Se $\gamma_{s,t} = 0$ (chegada de um veículo), então:

Fazer $m=t$ e incrementar m até que $hi_{s,m} = t$;

Fazer $r = hf_{s,m}$ e incrementar r até que $\beta_{s',r} = 0$;

Se $\beta_{s',r} = 0$, então:

Fazer $w=1$ e incrementar m até que

$$\beta_{s,hi_{s,m}} = 1;$$

Calcular o horário da viagem criada, através de:

$$hor_c = \frac{r+m}{2} \quad (3.29)$$

$$\text{Fazer } \alpha_{s,hor_c} = 0.$$

Neste ponto, volta-se a eliminar as vinculações feitas, repetindo a $vc_{1,1}$.

Os horários criados, mais os mínimos, constituem o quadro de horários efetivos de partida em ambos os sentidos. Isto permite estimar, primeiramente, a quantidade de passageiros efetivamente transportados em cada viagem k (e, em consequência, a respectiva ocupação crítica), através da distribuição estimada do fluxo de passageiros, ou seja:

$$pt_k = \sum_{t=a}^b Z_t \quad (3.30)$$

$$a = hor_{k-1}$$

$$b = hor_k$$

$$oc_k = \frac{pt_k}{ir} \quad (3.31)$$

Além disso, pode-se estimar o tempo de cada viagem k , por:

$$tv_k = tve_{hor_k} \quad (3.32)$$

— As viagens que permaneceram sem vinculação até este momento ($\beta=0$ e/ou $\gamma=0$) estão relacionadas apenas com as movimentações para a garagem e para as áreas de estocagem junto aos terminais. Para se saber em qual dos dois casos cada viagem se enqua-

dra, utiliza-se o segundo tipo de vinculação (vc_2). Para cada veículo que sai de operação ($\gamma=0$), procura-se uma entrada ($\beta=0$); havendo tal possibilidade, ela indica que neste intervalo o ônibus deve recolher para estocagem. Assim:

• Para $t = \text{hor}_{s,1}$ até $t = \text{hor}_{s,n}$, fazer:

Se $\gamma_{s,t} = 0$ (chegada de um veículo), então:

Fazer $m=t$ e incrementar m até que $\beta_{s,m} = 0$;

Se $\beta_{s,m} = 0$, então:

Fazer $\gamma_{s,m} = 2$ e $\beta_{s,m} = 2$.

As viagens restantes, que ainda mantiveram $\beta=0$ e/ou $\gamma=0$, têm, respectivamente origem e/ou destino na garagem.

3.3.4 - Cálculo da Frota Efetiva

Para o cálculo da frota necessária para a operação podem ser aplicados três métodos, descritos a seguir. Esta frota é conhecida como *frota efetiva* ou *operacional*. Entretanto, é de extrema importância manter uma determinada quantidade de veículos para situações de emergência, como no caso de quebras na frota operacional. Esta é conhecida como *frota de reserva*, geralmente estipulada em 10% na maioria das legislações existentes. Na prática, muitos operadores ignoram esta imposição, imprescindível para evitar problemas de programação e/ou superlotação.

3.3.4.1 - Método do Tempo de Ciclo

Neste método, a frota é calculada sem a necessidade da

construção do gráfico de marcha, bastando conhecer o quadro de horários mínimos, o intervalo médio entre viagens de cada período típico, a sua duração e os respectivos tempos médios de viagem e de espera, conforme descrito, com algumas variações, por Armando (1982), GEIPOT (1982-c), Freitas (1985) e TTC (1988).

Primeiramente, define-se, para uma linha radial, o *tempo de ciclo* de um período típico, cujo esquema é mostrado na Figura 3.16, como sendo aquele entre a partida de um veículo de um terminal, por exemplo A, até estar novamente disponível neste mesmo terminal, completando uma viagem de A para B e outra, de B para A. Este tempo está associado ao sentido e ao período de maior demanda, ou de maior quantidade de viagens, que é o *sentido dominante do período de pico*. Assim, tem-se que:

$$tc_{k,s} = tv_{k,A \rightarrow B} + te_{k,B} + tv_{k,B \rightarrow A} + te_{k,A} \quad (3.33)$$

Onde:

- $tc_{k,s}$: tempo de ciclo no sentido dominante $s=A \rightarrow B$ do período de pico k (minutos);
- $tv_{k,A \rightarrow B}$: tempo de viagem de A para B no período de pico k (minutos);
- $te_{k,B}$: tempo de espera no terminal B (minutos);
- $tv_{k,B \rightarrow A}$: tempo de viagem de B para A no período de pico k (minutos);
- $te_{k,A}$: tempo de espera no terminal A (minutos).

A frota mínima necessária, entretanto, irá depender deste tempo de ciclo e da duração do período de pico d_k , podendo ocorrer duas situações:

- $d_k \geq tc_{k,s}$:

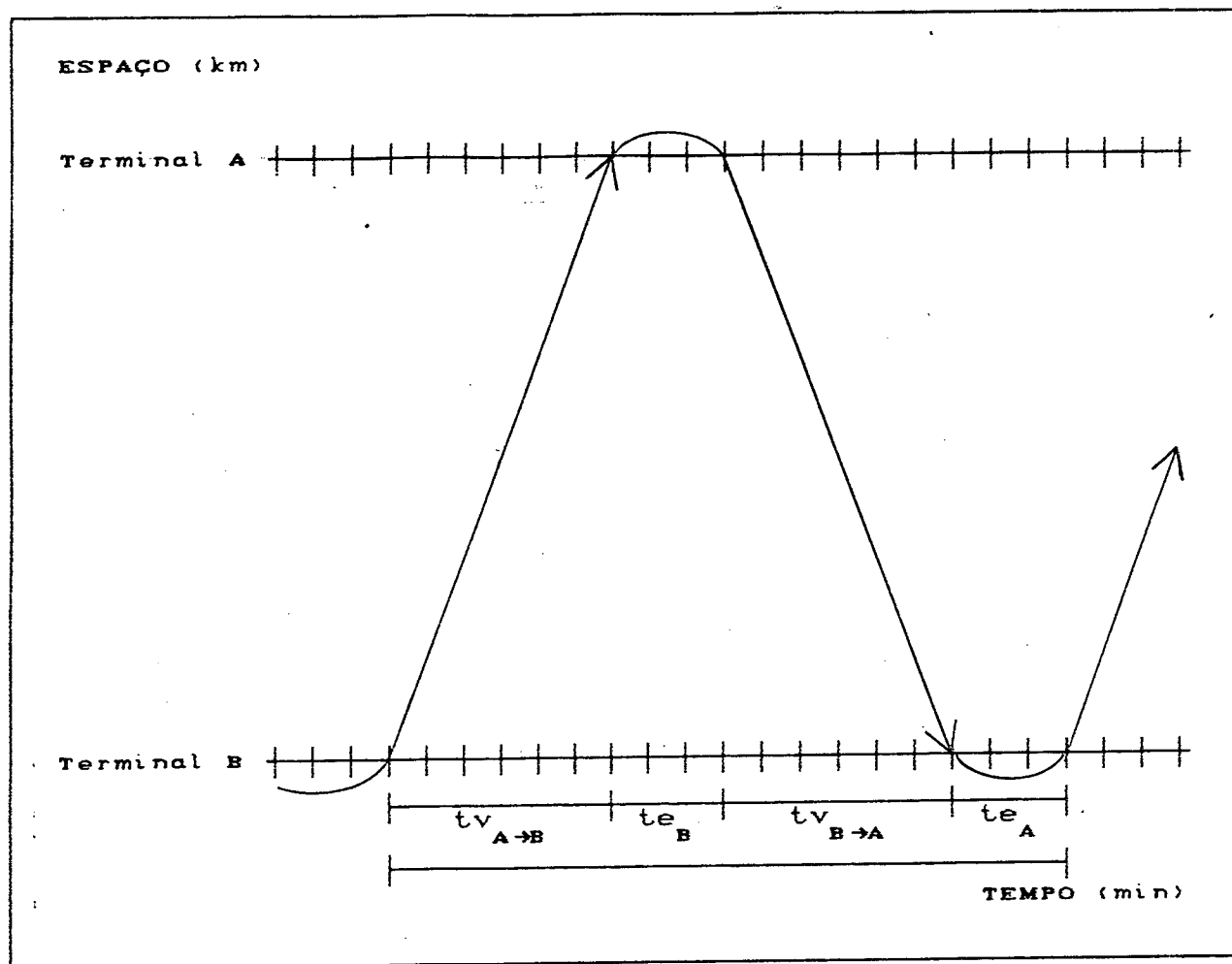


Figura 3.16 - Conceito de Tempo de Ciclo

Neste caso, o veículo que cumpre o primeiro horário do período tem tempo suficiente para completar um ciclo e ainda iniciar uma nova viagem no mesmo período; assim, é o tempo de ciclo que determina a frota, que corresponde, então a:

$$fe_k = \frac{tc_{k,s}}{I_k} \quad (3.34)$$

Onde:

fe_k : frota efetiva necessária para a operação do período de pico k (veículos);

I_k : intervalo entre viagens do período de

pico k (minutos);

$$\bullet d_k < t_{c_{k,s}}$$

Nesta situação, antes do retorno do primeiro veículo, ocorre alteração nos intervalos entre viagens, já que o período típico é outro; desta forma, a frota é determinada por duas parcelas, a primeira para o período de pico, em que são necessários tantos veículos quantas forem as respectivas partidas, e a segunda, para complementar o tempo de ciclo do primeiro veículo, mas considerando o intervalo entre viagens do novo período; assim:

$$fe_{k,s} = \frac{d_k}{I_k} + \frac{t_{c_{k,s}} - d_k}{I_{k+1}} \quad (3.35)$$

Observe-se, todavia, que este método fornece apenas a frota operacional mínima calculada para o período de maior demanda, sem indicar os instantes em que os veículos iniciam sua programação e são recolhidos ou estocados, o que só é possível mediante a construção do gráfico de marcha.

Para as linhas circulares o procedimento é o mesmo, mas com um tempo de ciclo correspondente à soma do tempo de viagem e do tempo de espera no terminal.

3.3.4.2 - Método do Nomograma

Este método foi desenvolvido por Lucatelli (1978) e citado por Armando (1982) e GEIPOT (1982). Consiste em um nomograma, mostrado na Figura 3.17, que permite o cálculo da frota operacional, a partir das seguintes informações:

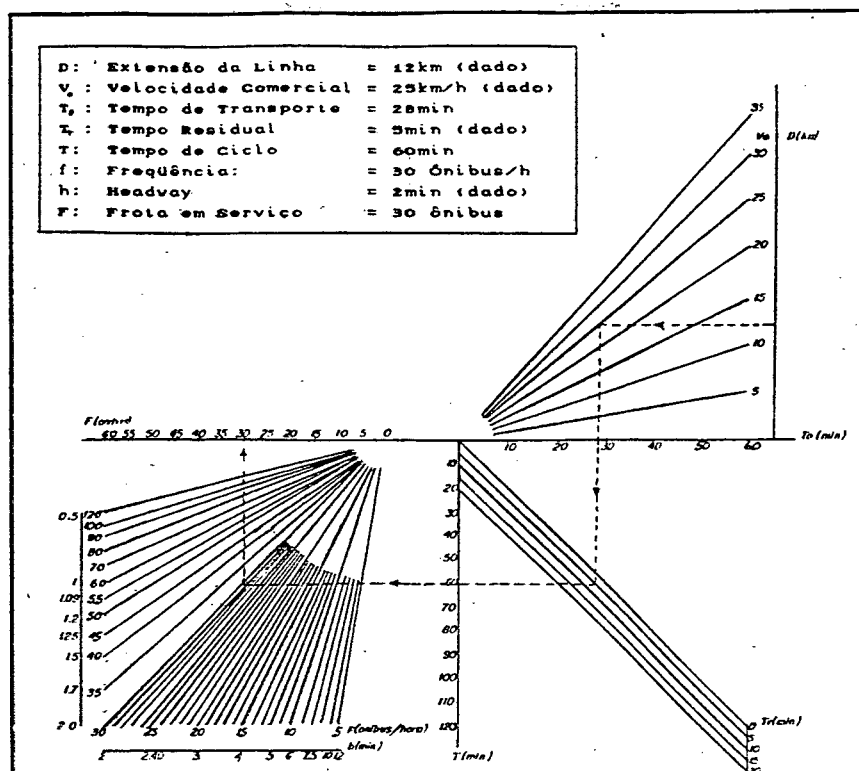


Figura 3.17 - Nomograma de Lucatelli

- Extensão da linha (km);
- Tempo de viagem no sentido dominante (minutos);
- Tempo de espera em ambos os terminais (minutos);
- Frequência ou intervalo entre viagens (veículos/hora ou minutos, respectivamente).

Conforme a Figura, entra-se à direita com a extensão da linha e o tempo de viagem (tempo de transporte), podendo-se determinar a velocidade comercial, que inclui todos os tempos de parada ao longo do itinerário e o de deslocamento. Poder-se-ia iniciar o procedimento a partir do tempo de viagem, no caso de não se necessitar conhecer a velocidade comercial. Com o tempo total de espera (tempo residual), chega-se ao tempo de ciclo e, à esquerda, através da frequência ou do intervalo entre viagens (headway) determina-se a frota necessária.

Na realidade, este método constitui uma maneira mais rá-

pida e prática de aplicação do anterior.

3.3.4.3 Método do Gráfico de Marcha

Se o gráfico tiver sido construído manualmente, basta contar o número de *entradas* na programação para se obter a frota necessária.

No modelo numérico proposto, conforme exposto no final do item 3.3.3.3, todas as vinculações possíveis do primeiro e do segundo tipo encontram-se feitas. Assim, precisa-se apenas verificar a quantidade de $\beta=0$, que indica as entradas sem vinculação para ambos os sentidos, ou então a quantidade de $\gamma=0$, que indica as saídas desvinculadas. Naturalmente, os dois valores são iguais.

3.3.5 - Programação por Veículo

A programação de cada veículo, ou seja, a especificação dos horários que cada um deles deverá cumprir ao longo da jornada, só pode ser determinada através da construção do gráfico de marcha ou de sua simulação.

Na primeira situação, basta acompanhar visualmente a movimentação de cada veículo, anotando os respectivos horários (Figura 3.7).

No modelo numérico proposto, a programação é obtida pela simulação desses movimentos. Assim, inicia-se pela entrada em operação de um determinado ônibus ($\beta=0$). Se ao final desta viagem não houver vinculação ($\gamma=0$), então este veículo deve recolher à garagem; se houver vinculação do primeiro tipo ($\gamma=1$), ele continua em linha devendo cumprir o primeiro horário estabelecido no outro terminal ($\beta=1$); se a vinculação for do segundo tipo ($\gamma=2$), ele de-

ve dirigir-se para a área de estocagem no entorno do terminal de destino, procurando-se o primeiro horário com a mesma vinculação, mas de entrada ($\beta=2$). Este processo é repetido para cada veículo, parando quando o veículo em estudo não tiver vinculação no destino ($\gamma=0$).

3.3.6 - Avaliação Econômica

Para esta avaliação, são comparados os resultados da programação decorrente da aplicação do MDV e do MPTDC para a linha Abraão a partir do levantamento de 1983.

Os cálculos relativos ao MPTDC foram realizados pelo autor para apresentação e discussão no VIII Encontro Estadual de Órgãos de Gerência de Transportes Coletivos (Florianópolis, jul/90). Foi utilizada a divisão de períodos típicos feita pelo GEIPOT (1984-b), o veículo-padrão de Freitas (1985) e o Modelo 3 de determinação da lotação.

Os custos variáveis (por quilômetro) e fixos (por veículo) adotados foram aqueles determinados no item 3.3.3.3. Os custos diários foram determinados de acordo com:

$$cd = (cv \times nv) + (cf \times fe) + (ce \times te \times pt) \quad (3.36)$$

Onde:

cd: custo diário de operação (SM);

cv: custo variável (0,003455 SM/km);

nv: quantidade de viagens diárias calculada;

cf: custo fixo (2,053795 SM/veículo);

fe: frota efetiva calculada (veículos);

ce: custo do tempo de espera do usuário (SM/minuto);

te: tempo médio de espera (minutos/passageiro);

pt: total de passageiros transportados (11.783 passageiros).

Para a estimação do tempo médio de espera do passageiro nos pontos de parada e terminais, utilizou-se a premissa adotada por Daibert (1984), de que esse tempo, para linhas com intervalo médio pequeno (< 8 min nas situações estudadas), pode ser considerado como sendo a metade deste último. Através do GEIPOT (1984-b), obteve-se a estimativa do custo do tempo de cada usuário do transporte coletivo, como sendo de 1 SM. Considerando um mês com 22 dias úteis e 8 horas de trabalho diárias, o custo do tempo de espera pode ser estimado em $9,47 \times 10^{-5}$ SM/min. Estipulou-se uma jornada de 18,5 horas (entre 5h 30min e meia-noite).

O Quadro 3.5 apresenta os resultados obtidos para os

Modelo		MPTDC			MDV		
NS		C	D	E	C	D	E
Viagens	BC	143	126	109	153	129	110
	CB	143	126	109	156	130	112
	T	286	252	218	309	259	222
Frota		16	12	11	17	13	12
Tempo de Espera (min)		3,9	4,4	5,1	3,6	4,3	5,0
Custo Diário (SM)	CV	8,06	7,10	6,14	8,71	7,30	6,26
	CF	32,86	24,65	22,59	34,91	26,70	24,65
	CE	4,35	4,93	5,71	4,02	4,80	5,60
	T	45,27	36,68	34,44	47,64	38,80	36,51

Quadro 3.5 - Avaliação Econômica Comparativa do MDV e do MPTDC

dois modelos considerados. Como se pode observar, os custos diários totais do dimensionamento operacional pelo MDC ficaram 5,64% maiores do que pelo MPTDC. Isto se deve ao fato de o MDC produzir intervalos menores nos horários de pico, uma vez que a estimativa da distribuição da demanda resulta mais próxima da real, necessitando, conseqüentemente, de uma frota maior. Entretanto, a qualidade do serviço oferecido é melhor, podendo considerar-se que o resultado é compensador, levando em conta também a redução do tempo e do custo do planejamento.

CAPÍTULO 4 - APLICAÇÃO DO MODELO

Para testar a eficiência e a eficácia do modelo proposto, foi feita uma aplicação na linha Abraão, de Florianópolis, utilizada neste trabalho como exemplo ilustrativo.

Nos itens que seguem é apresentada uma análise das características atuais das linhas que servem o corredor estudado e a proposta correspondente.

4.1 - Oferta Atual

Quando da realização do levantamento anterior, em agosto de 1983, apenas esta linha servia aos bairros de Coqueiros, Itaguaçu, Bom Abrigo e Abraão. Neste período de oito anos, foram criadas mais duas linhas: Itaguaçu e Vila Aparecida. A primeira constitui um reforço da linha Abraão nos horários de pico, apresentando pontos finais no terminal do Centro coincidentes; a segunda apresenta apenas um trecho comum, do terminal do Centro até o corredor da Av. Max de Souza (até a rua Almirante Tamandaré). Assim, ao se analisar a linha Abraão, é imprescindível fazê-lo em conjunto com a linha Itaguaçu, o que não ocorre em relação à linha Vila Aparecida. A Figura 4.1 mostra os respectivos itinerários e o Anexo 3, o atual quadro de horários das linhas Abraão e Itaguaçu.

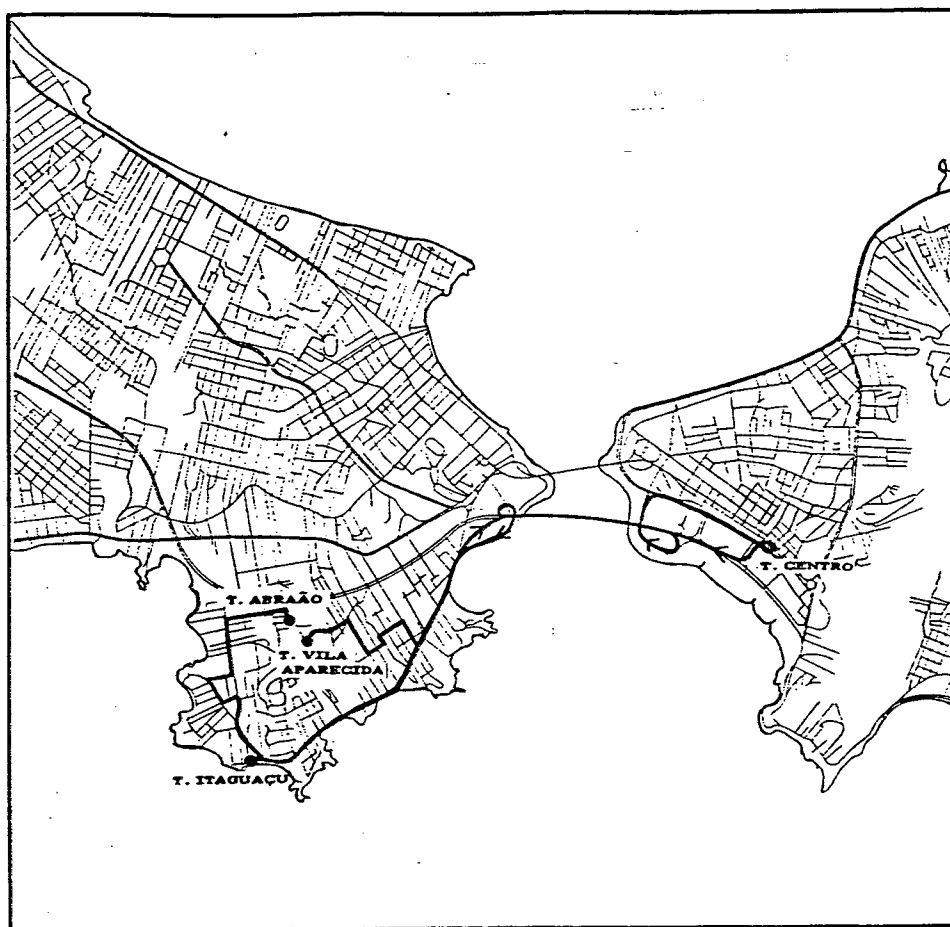


Figura 4.1 - Itinerários Atuais das Linhas Abraão, Itaguaçu e Vila Aparecida

Das 318 viagens previstas para ambas as linhas (282 Abraão e 36 Itaguaçu), foram realizadas 311 no dia do levantamento de catracas, em 25 de junho de 1991, conforme pode ser observado no Quadro 4.1. No levantamento anterior, em agosto de 1983, foram cumpridos 244 horários, o que representou um aumento de 27,46% na oferta de horários. Em ambos os casos, a oferta de viagens foi maior no sentido bairro-centro (55,36% e 51,13%, respectivamente). No Anexo 3 são mostrados os horários efetivos do dia do levantamento.

O Quadro 4.2 ilustra a oferta em termos de quilometragem percorrida, considerando que a extensão média da Linha Abraão é de

Linha	Oferta Diária de Viagens					
	Dia 30/ago/1983			Dia 25/jun/1991		
	BC	CB	Total	BC	CB	Total
Abraão	124	120	244	140	140	280
Itaguaçu	—	—	—	19	12	31
Total	124	120	244	159	152	311

Quadro 4.1 - Oferta de Viagens das Linhas Abraão e Itaguaçu

8,155 km e da linha Itaguaçu de 6,025 km. Neste caso, o aumento, de 24,12%, foi menor, uma vez que a linha Itaguaçu tem extensão também menor, atendendo menos usuários.

O tempo médio de viagem passou de 20,70 min em 1983, para 19,82 min em 1991, numa redução de 4,25%. Esta economia de tempo resultou da diminuição dos níveis de congestionamento no corredor pela entrada em operação da ponte Pedro Ivo Campos, o que duplicou a capacidade das ligações Ilha-Continente. Naturalmente, este percentual é mais expressivo nos horários de pico.

O veículo-padrão considerado apresenta 36 assentos e uma área útil para passageiros em pé de 8,00 m². Assim, as faixas de lotação para os diversos níveis de serviço são aquelas mostradas no Quadro 4.3, em conformidade com as considerações feitas no item 3.3.1.2. Neste mesmo Quadro, são apresentadas as faixas admissíveis de passageiros transportados por viagem de acordo com a data do levantamento.

Linha	Extensão Percorrida (km/dia)					
	Dia 30/ago/1983			Dia 25/jun/1991		
	BC	CB	Total	BC	CB	Total
Abraão	1.011	979	1.990	1.142	1.142	2.284
Itaguaçu	—	—	—	114	72	186
Total	1.011	979	1.990	1.256	2.212	2.470

Quadro 4.2 - Extensão Percorrida pelas Linhas Abraão e Itaguaçu

NS	Lotação do Veículo-Padrão (passageiros)		Passageiros por Viagem			
			1983		1991	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
A	0	36	0	39	0	40
B	37	48	40	52	41	54
C	49	60	53	65	55	67
D	61	72	66	78	68	81
E	73	84	79	91	82	94
F	85	96	92	104	95	108
F ₁	97	108	105	117	109	121
F ₂	109	120	118	130	122	134

Quadro 4.3 - Lotação do Veículo-Padrão e Faixas Admissíveis de Passageiros Transportados por Viagem

Linha	Demanda (pass./dia)					
	Dia 30/ago/1983			Dia 25/jun/1991		
	BC	CB	Total	BC	CB	Total
Abraão	5.685	6.098	11.783	5.909	6.768	12.677
Itaguaçu	—	—	—	698	77	775
Total	5.685	6.098	11.783	6.607	6.845	13.452

Quadro 4.4 - Demanda das Linhas Abraão e Itaguaçu

4.2 - Demanda Atual

O Quadro 4.4 apresenta um resumo da quantidade de passageiros transportados nas linhas Abraão e Itaguaçu nos dias dos levantamentos de 1983 e 1991. Neste período, houve um crescimento de demanda de 14,16%, ou seja, 13,30% menor do que a oferta de horários. Isto representa, à primeira vista, uma melhoria nas condições de conforto do usuário. Esta hipótese realmente se verifica na média, já que a ocupação passou, de 48,29 passageiros/viagem em 1983 (44,71 pass./vi. no trecho crítico), para 43,25 pass./vi. em 1991 (38,62 pass./vi. no trecho crítico), mantendo, porém, condições de conforto semelhantes (NS B). O Quadro 4.5 e a Figura 4.2 apresentam as distribuições da participação das viagens de acordo com o nível de serviço, considerando o mesmo veículo-padrão atualmente utilizado. Pode-se observar que este aumento relativo de oferta promoveu um incremento na participação de viagens com níveis de serviço mais confortáveis, ocorrendo o oposto para as viagens com maior ocupação. Isto significa que melhoraram realmente as condições de conforto dos usuários, embora a um custo por passageiro 11,65% maior, o que pode ter sido incentivado pela alteração

Ano	Nível de Serviço							
	A	B	C	D	E	F	F ₁	F ₂
1983	41,8	16,4	13,5	13,1	10,3	4,9	0	0
1991	45,4	23,5	17,0	9,3	3,9	0,6	0,3	0

Quadro 4.5 - Participação Percentual das Viagens Efetivas de acordo com o Nível de Serviço

da forma de remuneração realizada em Florianópolis no período (em 1983 era por passageiro transportado e, atualmente, pela extensão percorrida).

A renovação passou de 8% (IR=1,08) para 12% (IR=1,12), num incremento de 50%, provavelmente pela criação de importantes geradores de tráfego ao longo do corredor, como o conjunto habitacional Argos e a sede do jornal Diário Catarinense. Deve-se desta-

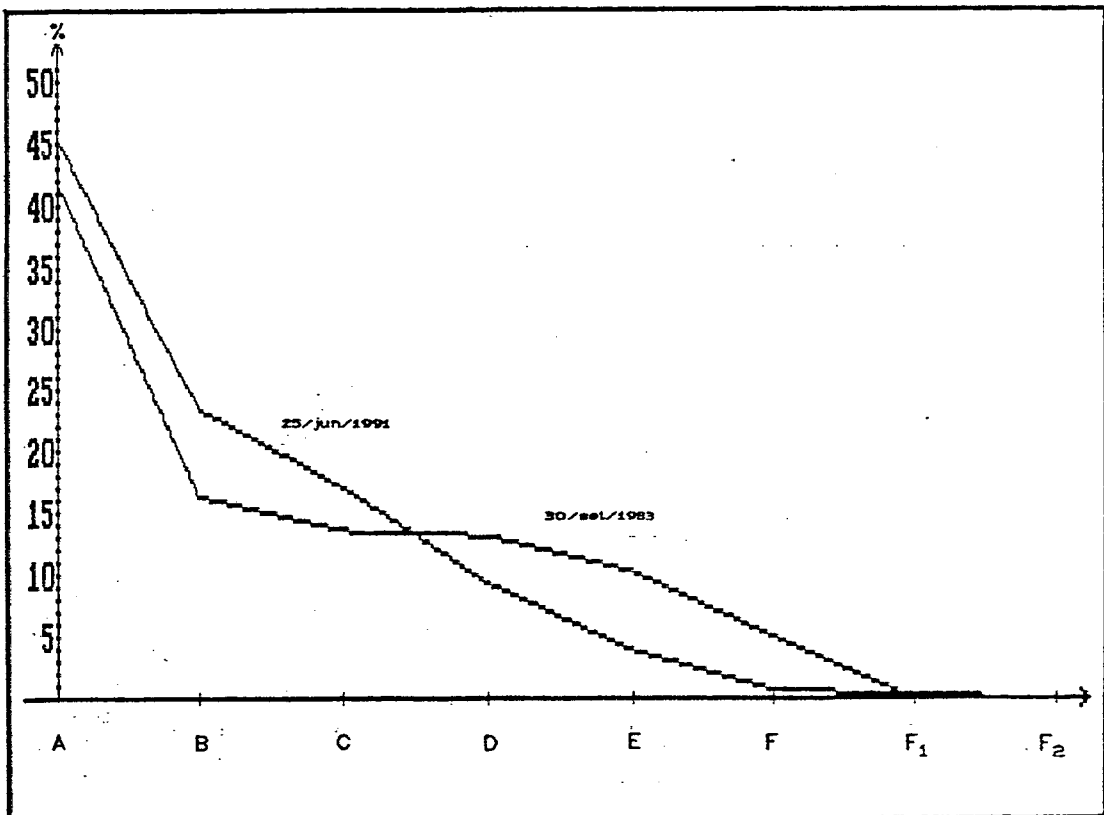


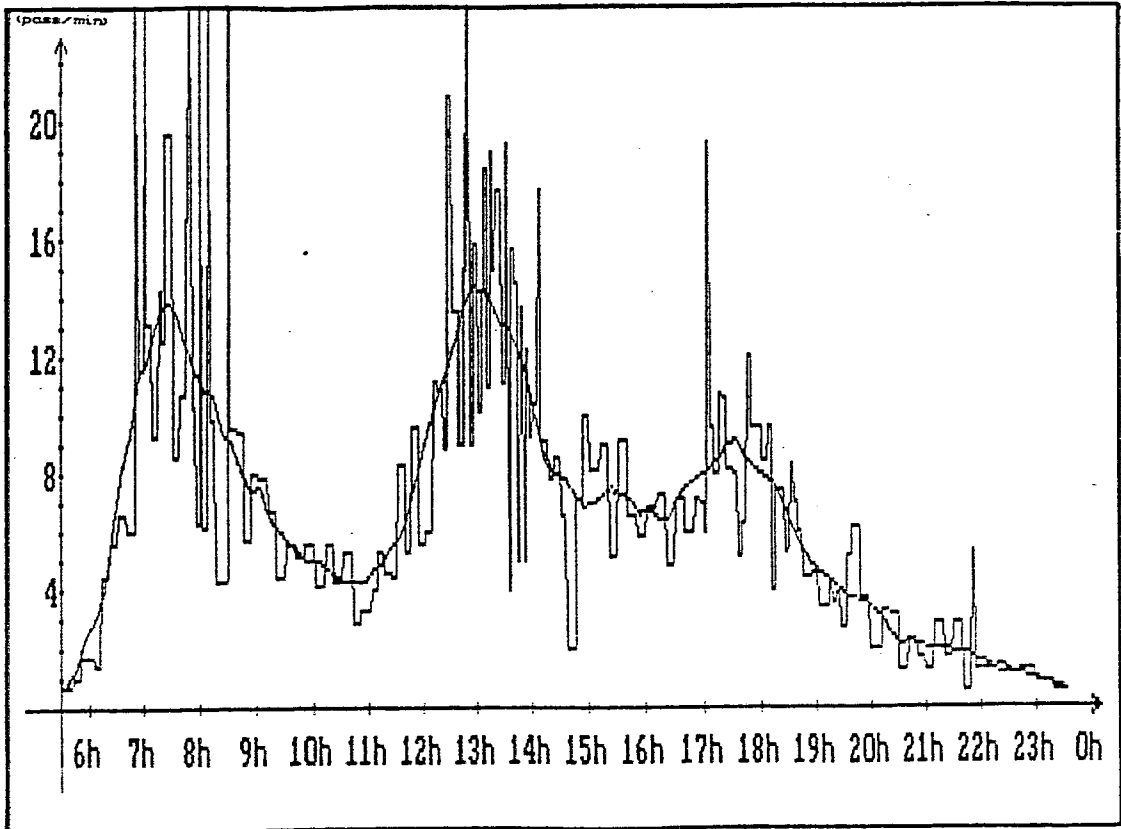
Figura 4.2 - Participação Percentual das Viagens Efetivas de acordo com o Nível de Serviço (Linha Abstraída Conjunta)

cional Argos e a sede do jornal Diário Catarinense. Deve-se destacar que o levantamento de embarques e desembarques foi feito no dia 26 de junho de 1991, independentemente, portanto, do levantamento de catracas. As faixas de passageiros transportados por viagem mostradas no Quadro 4.3 foram calculadas com a utilização destes dois índices (equação 2.3).

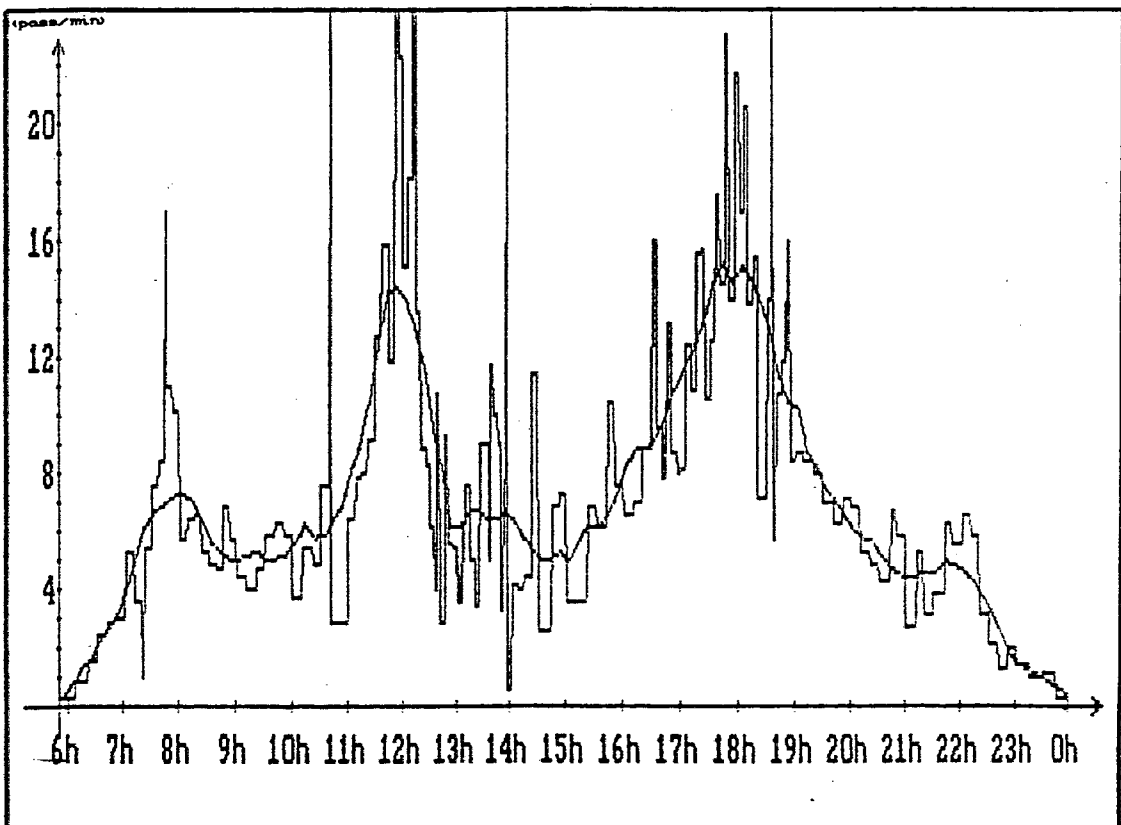
4.3 - Cálculo da Oferta

Para que se pudesse tratar convenientemente a situação das linhas Abraão e Itaguaçu, foi necessário reuni-las em um único conjunto. Para tanto, simulou-se a operação da linha Itaguaçu como se os respectivos usuários estivessem utilizando a linha Abraão. No sentido bairro-centro, o veículo rodaria vazio desde o terminal desta, embarcando os primeiros passageiros no ponto correspondente ao terminal da Linha Itaguaçu. Entretanto, o horário de partida deveria ser antecipado e, desta forma, estimou-se o tempo de deslocamento entre os dois terminais de bairro através dos levantamentos de embarque/desembarque, como sendo de sete minutos (média). No sentido centro-bairro, não houve essa necessidade de adaptação de horários, mantidos conforme o levantamento de catracas. As distribuições do fluxo de passageiros por sentido, assim como as estimativas obtidas pelo MDV são mostradas na Figura 4.3.

Por outro lado, como haviam no período greves na Universidade Federal de Santa Catarina e no Banco do Brasil, foi necessário proceder a uma correção da demanda, adotando-se ao valor médio correspondente às três últimas terças-feiras antes do início dos movimentos (de 14.549 passageiros). Assim, a quantidade de passageiros transportados de cada viagem foi aumentada em 5,40%.



(a) Sentido Bairro-Centro



(b) Sentido Centro-Bairro

Figura 4.3 - Distribuições Reais e Estimadas do Fluxo de Passageiros (Linha Abraão Conjunta, 25/Jun/1991)

admitindo-se que a redução da demanda no dia do levantamento tenha sido de 5,13%.

A oferta proposta foi calculada para os níveis de serviço C, D e E, considerados razoáveis para as características da linha conjunta. Os resultados, apresentados no Anexo 3, foram discutidos com representantes do Núcleo de Transportes da Prefeitura Municipal de Florianópolis - PMF (órgão de gerência) e da Ribeironense Transportes Coletivos Ltda. (empresa concessionária), optando-se pela programação correspondente ao nível de serviço D, ou seja, um serviço de qualidade regular (ver Quadro 3.1).

Por outro lado, aproveitou-se a oportunidade para introduzir algumas modificações na operação das linhas, já cogitadas pelas duas partes, a saber:

- Deslocamento do ponto final da linha Itaguaçu para a Rua José Lins do Rego, próximo à Rua Fernando Ferreira de Mello;
- Eliminação do trecho do itinerário da linha Abraão no interior do bairro Bom Abrigo;
- Aumento da participação da linha Itaguaçu na oferta de horários, de 11,32% para 41,41%;
- Separação dos pontos finais no terminal do Centro.

Desta forma, a comunidade do Bom Abrigo seria beneficiada por um aumento de oferta no interior do bairro e a do Abraão, por uma diminuição do tempo de percurso. Os novos itinerários são mostrados na Figura 4.4. Embora tenha havido uma redução na quantidade de horários da linha Abraão, os remanescentes seriam suficientes para atender a demanda da população local, de acordo com a análise do trecho não coincidente.

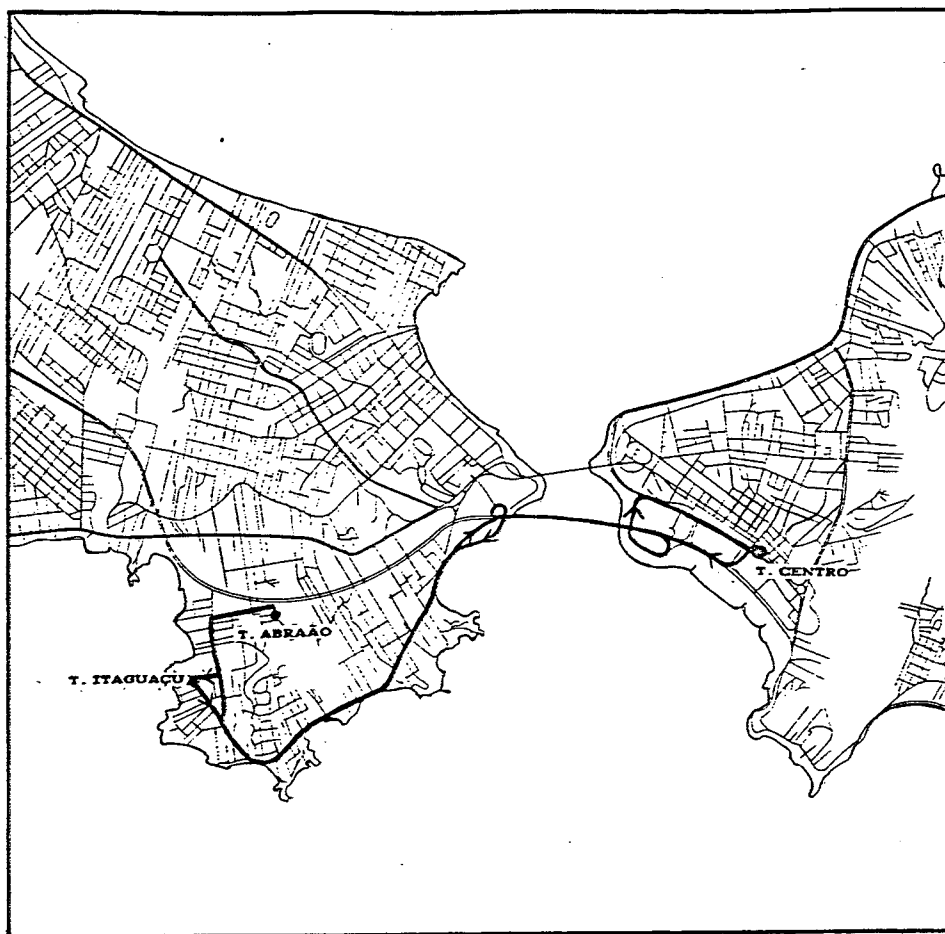


Figura 4.4 - Itinerários Propostos Para as Linhas Abraão e Itaguaçu

A intenção inicial era de uma partição a nível de 50% para cada linha, mas pela manhã, no sentido bairro-centro, a quantidade de passageiros era muito elevada para operações deste tipo. Assim, no pico matutino, optou-se por adotar uma operação de 25% a 33% dos horários para a linha Itaguaçu e de 67% a 75% para a linha Abraão. Além disso, para a fixação dos horários da linha Itaguaçu, foi estimada a distribuição do tempo de viagem no trecho entre os dois terminais de bairro, acrescentando-se os respectivos valores aos horários calculados, conforme mostra a Figura 4.5. A esperança era de uma operação regular no trecho comum.

Os resultados, apresentados no Anexo 3, foram submetidos

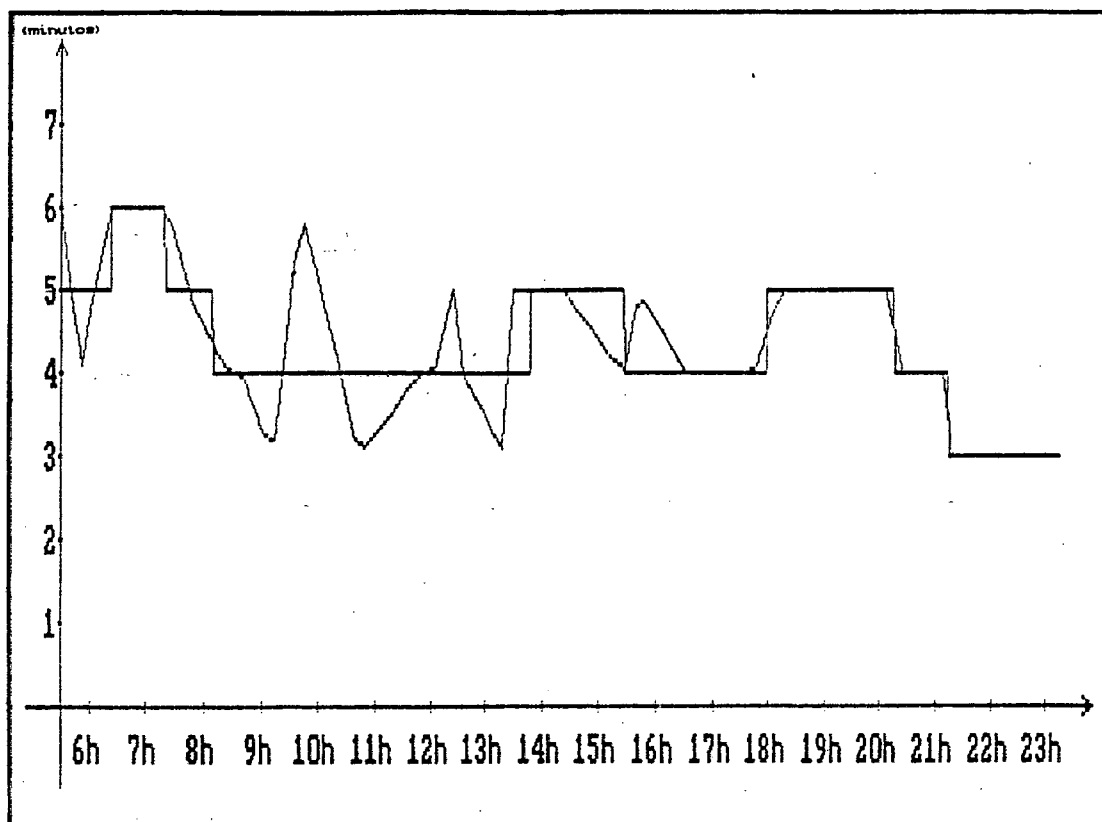


Figura 4.5 - MDV - Estimativa da Distribuição do Tempo de Deslocamento Entre os Terminais de Bairro Propostos (Linhas Abraão/BC e Itaguaçu/BC, 25/Jun/1991)

às comunidades envolvidas, que aprovaram as proposições.

A proposta final apresenta 256 horários (uma redução de 17,68%) e uma ocupação média de 56,32 pass./vi. (um incremento de 30,22%), o que representa uma ocupação crítica média de 50,28 pass./vi (NS C).

Esta proposta apresenta também as estimativas de passageiros transportados em cada viagem. Para verificar o intervalo de confiança destas estimativas, com vistas à avaliação dos resultados, foi desenvolvido um modelo de simulação do comportamento da demanda levantada com o novo quadro de horários. Para tanto, partiu-se da distribuição do fluxo de passageiros em 25 de junho de 1991 (Figura IV.3), determinando-se a estimativa da quantidade de passageiros transportados em cada viagem através de:

$$pt_i = \sum_{t=hor_{i-1}}^{hor_i} f_t \quad (4.1)$$

Onde:

- pt_i : passageiros transportados na viagem proposta i (passageiros);
- hor_i : horário proposto de partida da viagem i ;
- hor_{i-1} : horário proposto de partida da viagem $i-1$;
- f_t : fluxo de passageiros real no dia do levantamento no instante t (passageiros/minuto).

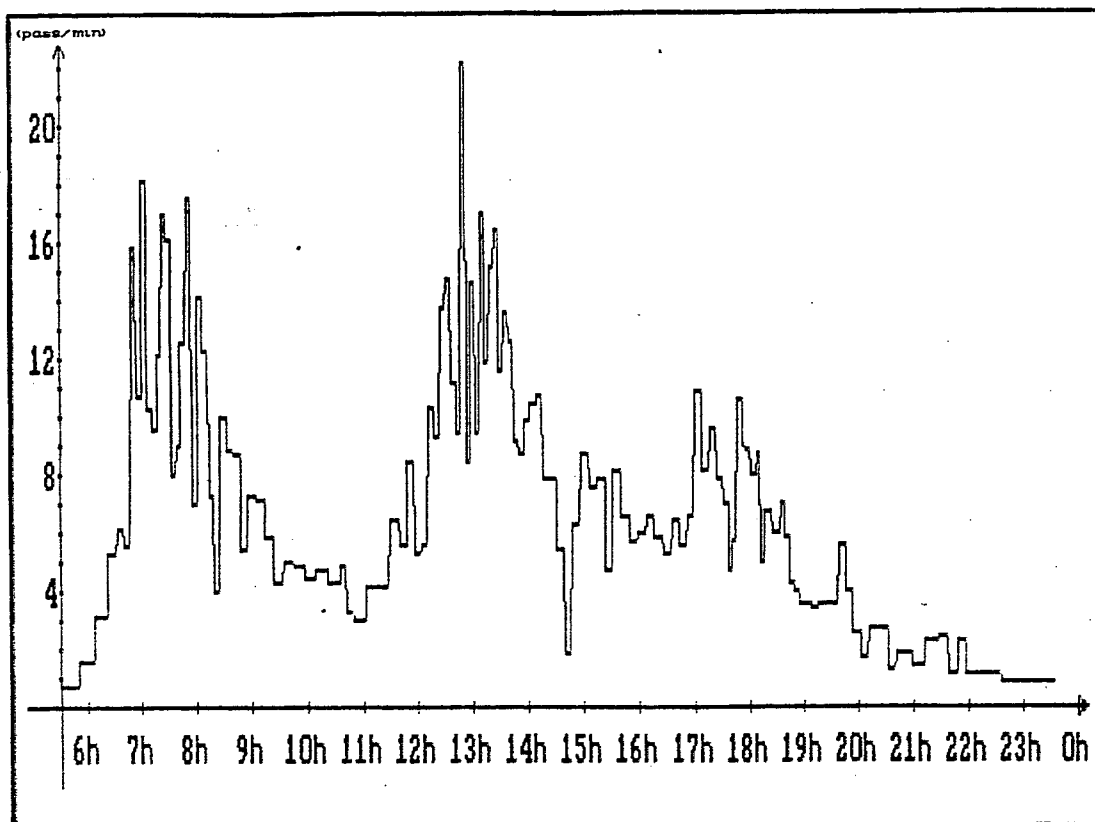
Entretanto, como em determinados momentos a distribuição original apresenta valores muito elevados, produzida pela saída de veículos em intervalos muito pequenos (um ou dois minutos), levando a distorções no valor calculado de pt_i , acrescentou-se uma restrição para que o mesmo não ultrapassasse o máximo levantado em 25 de junho. Os passageiros excedentes *aguardariam* o horário seguinte, ou seja:

$$pt_i \leq oc_{max} \quad (4.2)$$

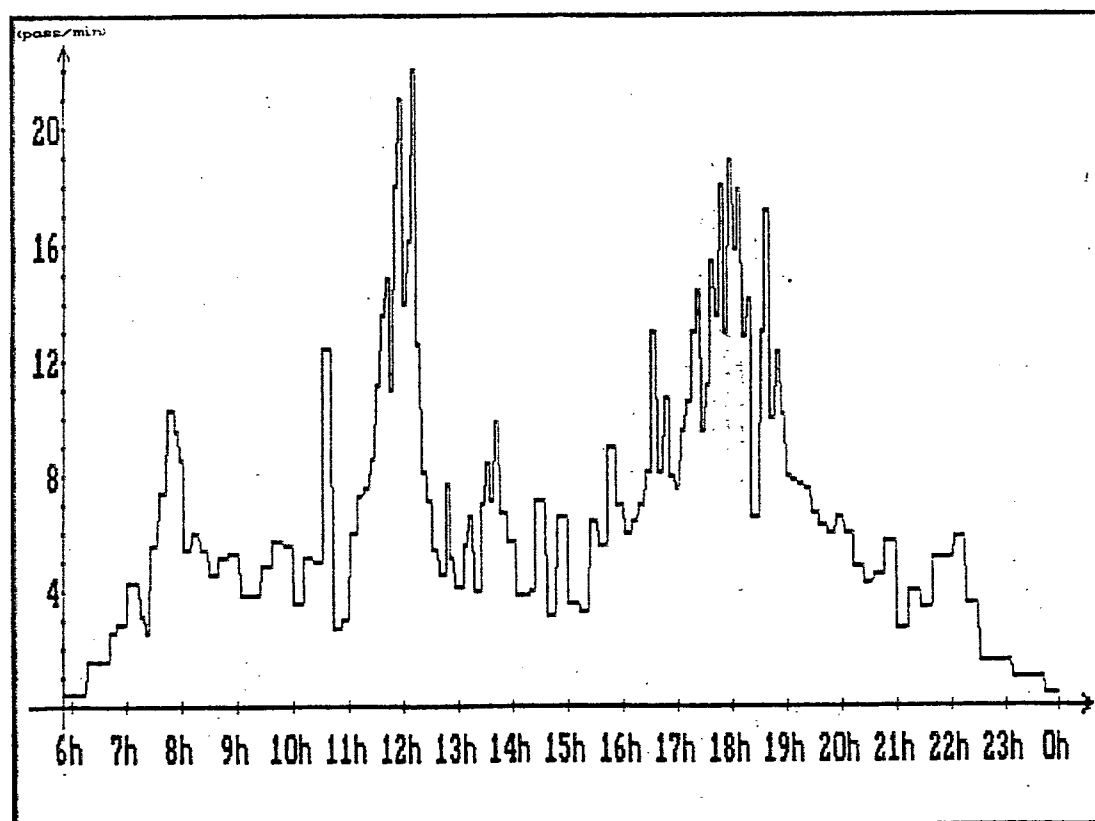
Onde:

- oc_{max} : ocupação máxima no dia do levantamento (passageiros).

A Figura 4.6 mostra a distribuição assim obtida (*modificada*). Como se pode observar, consegue-se desta forma eliminar os erros devidos à inadequação dos horários existentes, permanecendo aqueles aleatórios. Para estimar este erro, a quantidade de passageiros modificada foi comparada com aquela estimada através do modelo proposto neste trabalho. Os desvios foram separados em

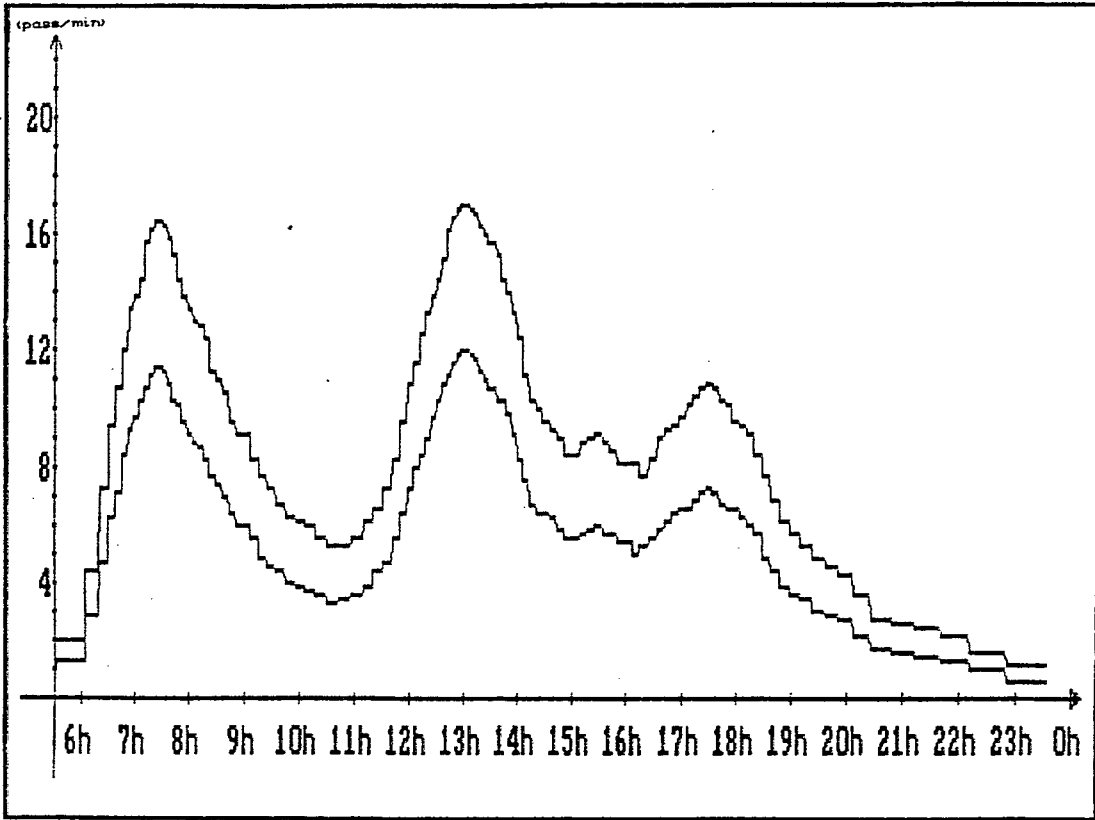


(a) Sentido Bairro-Centro

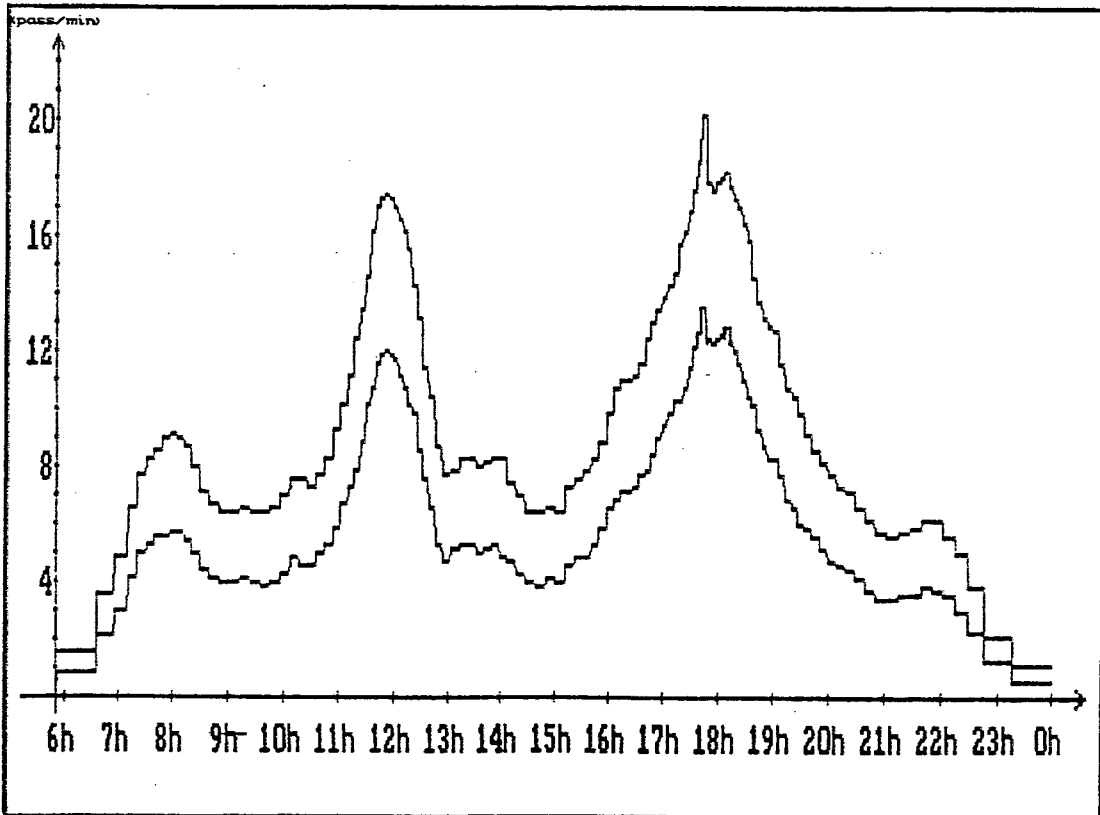


(b) Sentido Centro-Bairro

Figura 4.6 - Distribuições Modificadas do Fluxo de Passageiros
(Linha Abraão Conjunta, 25/Jun/1991)



(a) Sentido Bairro-Centro



(b) Sentido Centro-Bairro

Figura 4.7 - Distribuições do Intervalo de Confiança do Fluxo de Passageiros (Linha Abraão Conjunta, 25/Jun/1991)

positivos e negativos determinando-se para cada conjunto o afastamento que contivesse 95% dos eventos. No total, os limites do intervalo teriam uma significância de 90%.

Os resultados assim obtidos, visualizados através da distribuição do fluxo de passageiros da Figura 4.7, são os seguintes:

- Sentido bairro-centro:

$$pt_i - 12 < pt_i \leq pt_i + 13 \quad (4.3)$$

- Sentido centro-bairro:

$$pt_i - 12 < pt_i \leq pt_i + 15 \quad (4.4)$$

Ressalte-se, porém, que esta simulação não consegue refletir com toda a segurança o comportamento real com o novo quadro, limitando-se a servir de comparação com situações semelhantes após a sua implantação.

A nova programação foi implantada em 5 de agosto de 1991, data de reinício do segundo período letivo do ano. Durante a semana precedente, foram afixados avisos no interior dos veículos com os novos horários e as modificações de itinerário para a orientação dos passageiros.

4.4 - Avaliação dos Resultados

As fontes consultadas sobre os modelos existentes de cálculo da oferta limitam-se, sem excessão, a descrever as respectivas metodologias, sem mostrar qualquer avaliação de seus resultados práticos, o que impossibilita comparar a sua eficiência em relação à proposta deste trabalho. Desta forma, pretende-se aqui desenvolver uma metodologia de avaliação que comprove, pelo menos,

a eficácia do modelo proposto.

Para esta análise, foram selecionados os levantamentos correspondentes às três primeiras terças-feiras posteriores ao início de funcionamento da nova programação. Isto foi feito para permitir uma melhor comparação, já que o levantamento de catracas foi feito neste dia da semana e não foi considerada a flutuação da demanda ao longo da semana. Além disso, deve-se ter em mente as limitações inevitáveis da avaliação de um serviço implantado mais de um mês após o seu levantamento sem a devida análise da flutuação mensal.

As informações foram coletadas para os dias 6, 13 e 20 de agosto de 1991, através do documento *Boletim de Terminal por Ônibus*, em que constam, para cada veículo, todas as viagens por ele realizadas nos dias considerados, com a especificação da linha atendida, os respectivos horários inicial e final e as marcações inicial e final da catraca. Este boletim tem por finalidade informar ao órgão de gerência as características da demanda e da oferta diárias, para fins de fiscalização, remuneração, cálculo tarifário e análise da ocupação.

Os Quadros 4.6 a 4.8 mostram os volumes de passageiros transportados e de viagens verificados nos dias analisados.

Como se pode observar, apenas na terceira semana a demanda ultrapassou aquela de 25 de junho (ver Quadro 4.4), mas ainda aquém do valor utilizado para o cálculo da oferta (14.549 passageiros/dia). Por outro lado, em nenhuma destas amostras a quantidade de viagens coincidiu com aquela especificada, de 128 viagens por sentido. Aliás, o quadro de horários proposto não foi cumprido na íntegra em qualquer um desses dias.

Saliente-se que, como a proposta deste trabalho refere-

Linha	Pass. Transportados			Viagens		
	BC	CB	Total	BC	CB	Total
Abraão	3.996	4.587	8.583	81	77	158
Itaguaçu	2.618	1.963	4.581	56	56	112
Total	6.614	6.550	13.164	137	133	270

Quadro 4.6 - Demanda e Oferta em 6 de Agosto de 1991

Linha	Pass. Transportados			Viagens		
	BC	CB	Total	BC	CB	Total
Abraão	3.449	4.064	7.513	80	77	157
Itaguaçu	1.964	1.977	3.941	55	54	109
Total	5.413	6.041	11.454	135	131	270

Quadro 4.7 - Demanda e Oferta em 13 de Agosto de 1991

Linha	Pass. Transportados			Viagens		
	BC	CB	Total	BC	CB	Total
Abraão	4.262	4.341	8.063	80	74	154
Itaguaçu	2.809	2.231	5.040	56	53	109
Total	7.071	6.572	13.643	136	127	263

Quadro 4.8 - Demanda e Oferta em 20 de Agosto de 1991

Operação	Nível de Serviço							
	A	B	C	D	E	F	F ₁	F ₂
25/jun	25,0	28,1	24,2	14,1	5,5	3,1	0	0
Média	39,3	16,4	17,2	16,1	6,5	3,7	0,8	0

Quadro 4.9 - Participação Percentual das Viagens dos Dias Avaliados de Acordo com o Nível de Serviço

se ao estudo de apenas uma linha de ônibus e como no sentido bairro-centro existem defasagens de horários, o que pode distorcer as ocupações, a avaliação estará limitada ao sentido centro-bairro.

A primeira avaliação feita refere-se às condições de conforto do usuário, ou seja, a participação da quantidade de viagens por nível de serviço, comparando o dia do levantamento (25 de junho) com a média dos três dias de operação real, através das distribuições modificadas. Esta comparação é mostrada no Quadro 4.9 e na Figura 4.8.

Observe-se que nos dias avaliados as participações dos NS B, C e D são praticamente iguais, o que é coerente, uma vez que foram estes aqueles considerados para o projeto. Houve um incremento na do NS A, que pode ser atribuído à componente aleatória, já que em conjunto com o NS B a participação é semelhante. Para os níveis menos confortáveis, não ocorreram diferenças significativas, se se considerar que a proposta prevê 128 horários no sentido centro-bairro, constituindo casos isolados.

Isto demonstra que o modelo consegue ajustar-se ao comportamento da demanda de acordo com o nível de serviço de projeto, podendo considerar-se satisfatório o desempenho operacional decorrente em termos de ocupação.

Na segunda avaliação, foi verificada, para cada dia de

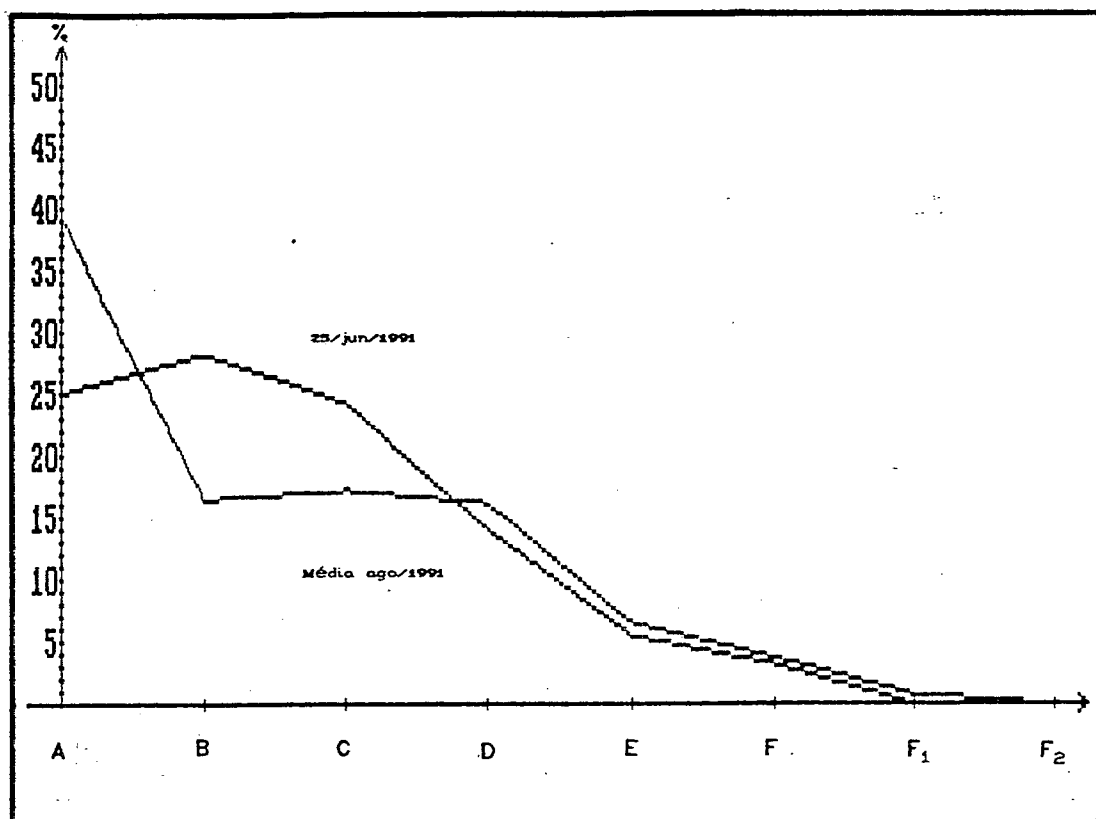
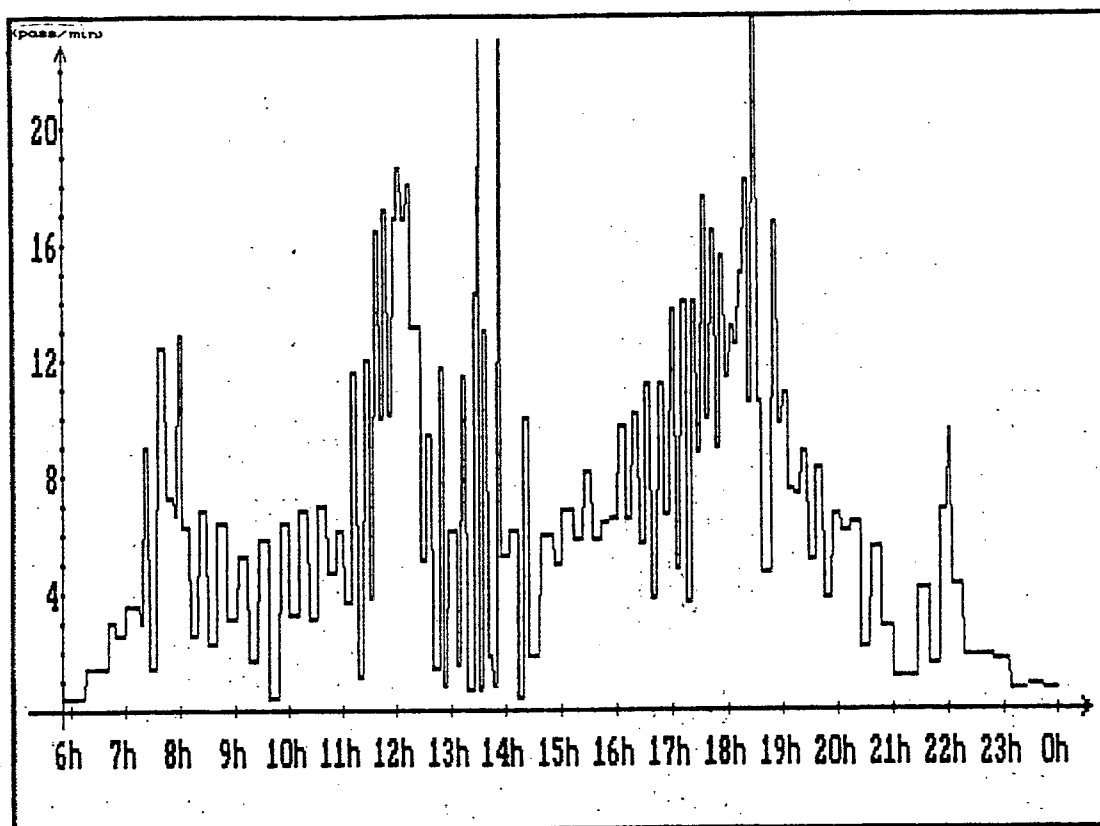


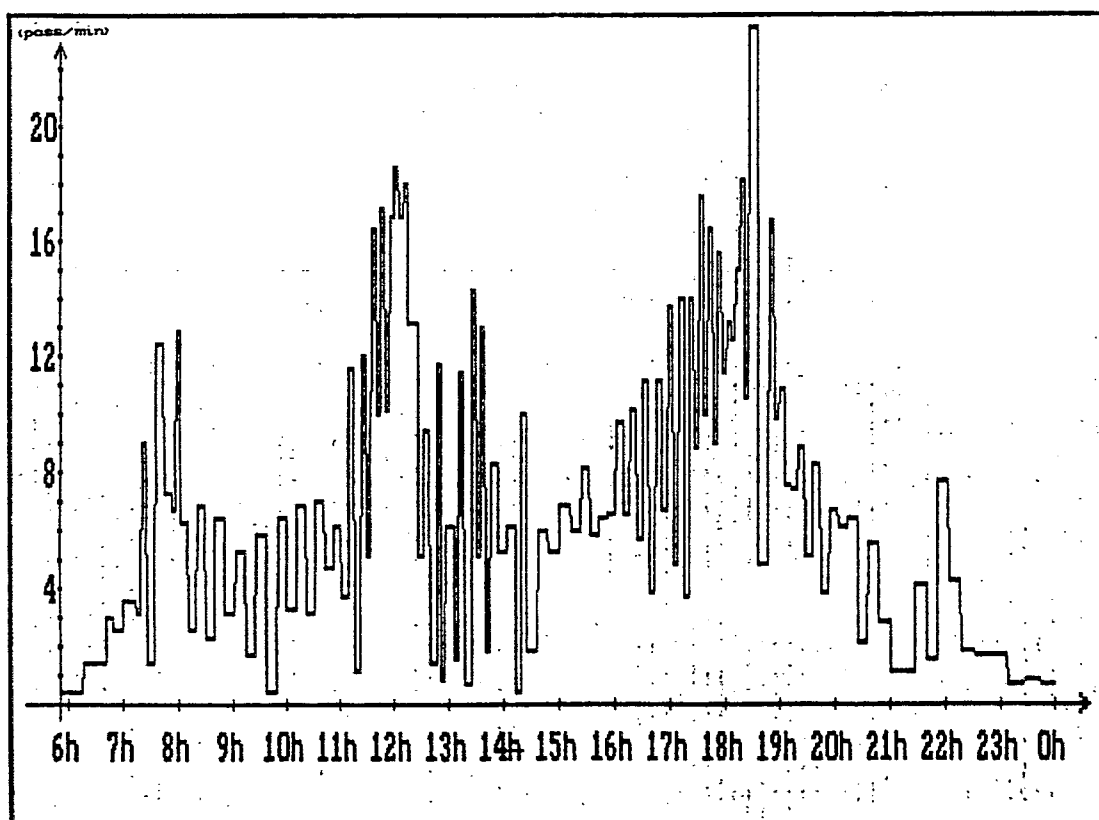
Figura 4.8 - Participação Percentual das Viagens dos Dias Avaliados de acordo com o Nível de Serviço (Linha Abraão Conjunta/CB)

operação real (incluindo o dia do levantamento básico), a quantidade de viagens em que o total de passageiros transportados esteve fora do intervalo de confiança estabelecido, conforme a equação 4.4. Entretanto, como em nenhum desses dias os horários propostos foram cumpridos rigorosamente, o comportamento da demanda foi também adaptada conforme os modelos 4.1 e 4.2.

As Figuras 4.9 a 4.11 apresentam as distribuições do fluxo de passageiros dos dias avaliados para a operação real e com os horários oficiais no sentido centro-bairro. Se estes tivessem sido cumpridos conforme as especificações, as distribuições resultantes estariam mais ajustadas ao intervalo de confiança da Figura 4.7 (b). O Quadro 4.10 mostra as participações das viagens com total de passageiros transportados aquém, além e dentro dos limites do intervalo de confiança determinado para esse sentido.

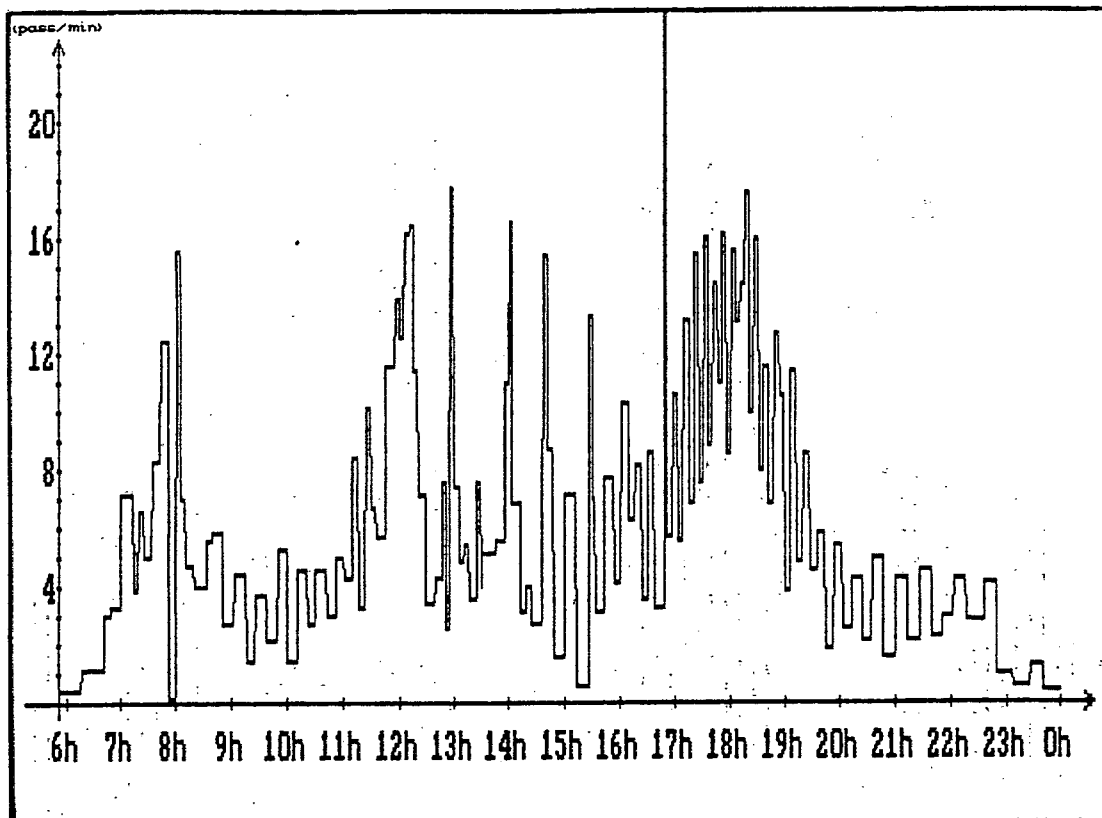


(a) Distribuição Real

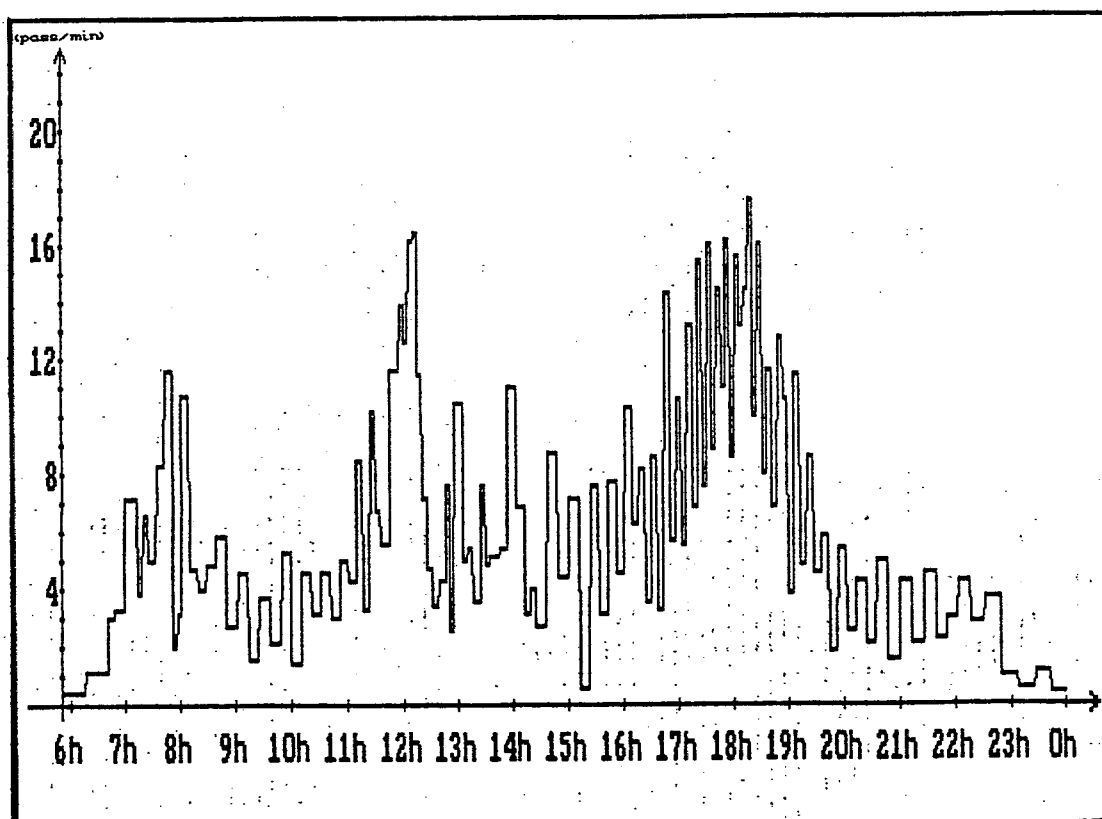


(b) Distribuição Modificada

Figura 4.9 - Distribuições do Fluxo de Passageiros
(Linha Abraão Conjunta/CB, 6/Ago/1991)

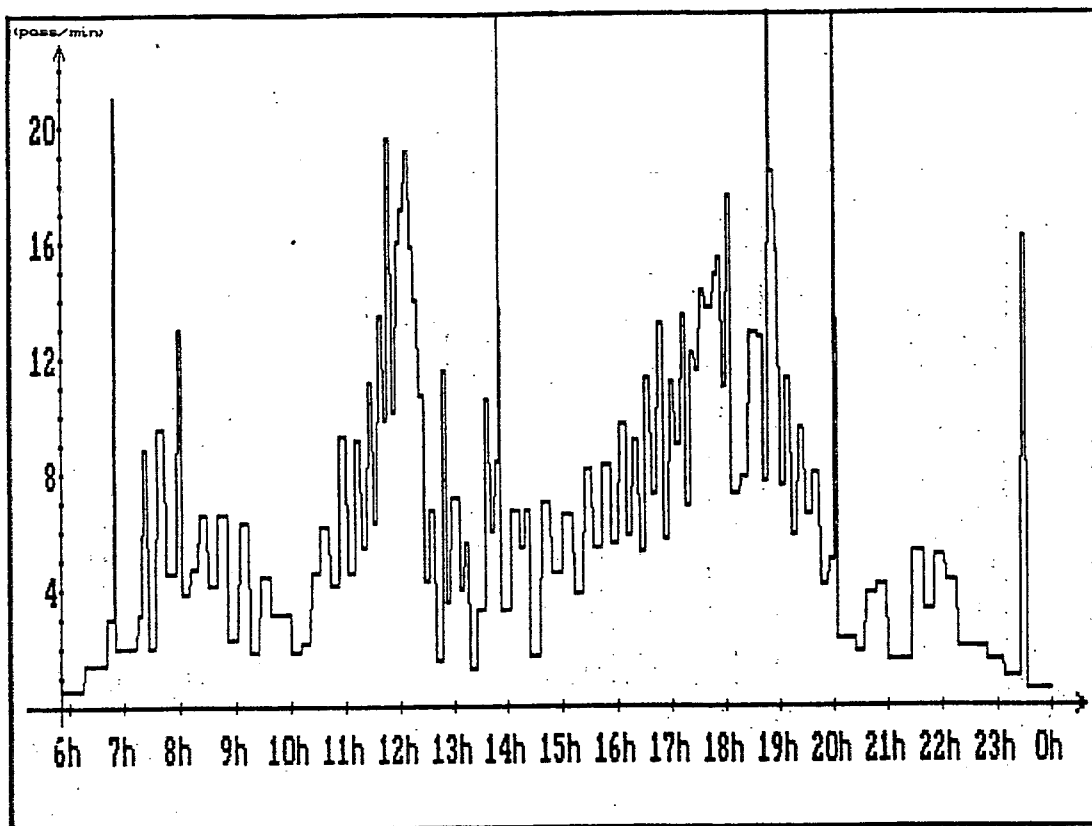


(a) Distribuição Real

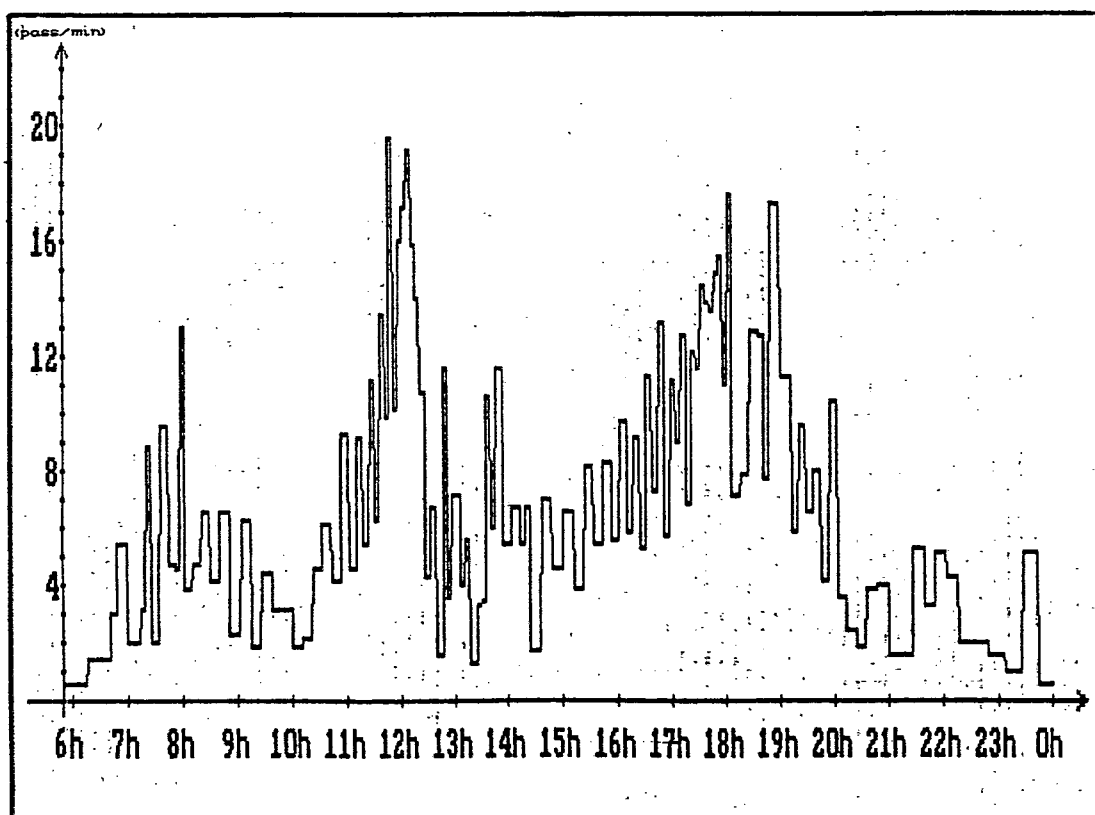


(b) Distribuição Modificada

Figura 4.10 - Distribuições do Fluxo de Passageiros
(Linha Abraão Conjunta/CB, 13/Ago/1991)



(a) Distribuição Real



(b) Distribuição Modificada

Figura 4.11 - Distribuições do Fluxo de Passageiros
(Linha Abraão Conjunta/CB, 20/Ago/1991)

Intervalo	Participação (%)			
	25/jun/91	6/ago/91	13/ago/91	20/ago/91
(1)	16,41	33,59	40,63	36,72
(2)	66,40	42,19	44,53	41,40
(3)	17,19	24,22	14,84	21,88

(1): $pt_i < \lim_{min}$

(2): $\lim_{min} \leq pt_i \leq \lim_{max}$ (limites do IC)

(3): $pt_i > \lim_{max}$

Quadro 4.10 - Participação da Quantidade de Viagens dos Dias Avaliados de Acordo com o Intervalo de Confiança

Para o levantamento básico, 33,60% dos eventos ficaram fora do intervalo considerado, o que representaria a eficiência máxima, considerando as condições operacionais existentes naquele dia. Como a situação mais crítica corresponde aos eventos que superaram os valores máximos, poder-se-ia admitir num caso real uma participação máxima de $(17,19\% + 5,53\% =) 22,72\%$, a um nível de significância de 95%. Observe-se que apenas no segundo dia de operação (dia 6/ago/91) este valor é superado, o que pode ser explicado pela natural adaptação que se faz necessária tanto para o usuário como para o operador.

Os valores verificados abaixo do mínimo não constituem propriamente um problema, já que representam uma melhoria de conforto para os passageiros, mas indicam uma sub-utilização da frota alocada. Neste caso, não poderiam ultrapassar os $(16,41\% + 5,42\% =) 21,83\%$ de participação, mas alcançou, em média, 36,98%. Uma parcela dessa diferença pode ser creditada a uma redução média de 6,68% da demanda, no sentido centro-bairro em relação ao dia do levantamento básico (de 6.845 pass. para 6.388 pass.).

Entretanto, um exame mais rigoroso nos instantes em que ocorreram os eventos fora do intervalo de confiança mostraram que na maioria das vezes alternam-se viagens com pequena ocupação e com excesso de lotação. Este fato pode ter duas origens: primeiramente, pode ter sido causada pela própria aleatoriedade da chegada dos passageiros nos pontos de ônibus, eliminada no processo de suavização da distribuição da demanda e, portanto desconsiderada na oferta calculada; por outro lado, verificou-se uma preferência pela linha Abraão (67,80% em média no sentido centro-bairro), conforme mostram os Quadros 4.6 a 4.8, provocada, entre outras causas, pela localização relativa dos pontos finais das duas linhas no Terminal Urbano (o da linha Abraão se situa antes, considerando o fluxo principal de chegada dos usuários) e pelo desconhecimento das alterações promovidas (este percentual decaiu de 70,03% no dia 6 para 63,94% no dia 20). Como essa média no sentido bairro-centro foi de 61,30%, pode-se deduzir que a partição entre as duas linhas tende para este último valor ou outro próximo dele. Considerando esta hipótese como verdadeira, uma alteração que se faz necessária na programação implantada é estabelecer uma proporção de viagens semelhante entre elas, de 2:1 ou 67% das viagens para a linha Abraão ao longo de todo o dia, e não apenas no pico matutino.

A terceira avaliação é de natureza econômica. O Quadro 4.11 apresenta os custos diários de operação em cada situação, considerando os mesmos parâmetros do item 3.3.6.

O custo diário sofreu uma redução de 17,46%, principalmente devido à necessidade de uma frota menor, considerando o nível de serviço de projeto considerado. Naturalmente, este resultado seria mais modesto se fosse adotado um NS de projeto mais confortável.

Operação		25/jun	Proposta
Viagens		311	256
Frota Efetiva		18	14
Tempo de Espera (min)		3,58	4,35
Custos Diários (SM)	Variáveis	8,76	7,21
	Fixos	36,97	28,75
	Espera	4,56	5,55
	Total	50,29	41,52

Quadro 4.11 - Avaliação Econômica

Deve-se ressaltar que no dia do levantamento foi utilizado um total de 23 veículos, conforme a programação adotada pela operadora e que envolve outras linhas. Para conhecer a frota efetiva, foi elaborado o gráfico de marcha correspondente, resultando um total de 18 ônibus.

CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O Modelo de Demanda Variável foi concebido como uma alternativa àqueles em utilização, de forma a permitir um resultado menos demorado e custoso, mas que também fosse eficaz para o fim a que se destina e, se possível apresentar uma maior eficiência.

Sua eficácia ficou comprovada através da aplicação feita, na mesma linha tomada como exemplo ao longo de todo trabalho.

Em termos de eficiência, provou-se que o MDV consegue adaptar-se melhor ao comportamento da demanda, assim como ao das condições de deslocamento do veículo, através da variável tempo de viagem. As respectivas distribuições estimadas (Anexo 2) mostram que estes comportamentos são refletidos independentemente das características da linha (radiais, diametrais ou circulares) ou do dia da semana em que foram realizados os levantamentos. Os custos da proposta apresentada ficaram mais elevados, mas essa diferença pode ser considerada insignificante, tendo em vista o ajustamento visado.

Por outro lado, o trabalho demonstrou que não há necessidade de se realizar o levantamento de embarque e desembarque de forma independente do de catracas, simplificando o processo de cálculo da oferta a despeito do modelo utilizado na determinação da estimativa da demanda. Além disso, provou que a renovação cons-

titui característica da linha e não depende do horário, eliminando várias etapas de cálculo.

Também o modelo matemático para a elaboração do gráfico de marcha irá facilitar sobremaneira a tarefa de órgãos de gerência e operadores, eliminando sua construção manual.

No conjunto, o MDV tira o caráter subjetivo do projetista que os MPTDC exigem, uma vez que prescinde da determinação dos períodos típicos.

Entretanto, é necessário que seja desenvolvido um programa de computador para que as vantagens que o MDV proporciona em termos de economia de tempo e recursos sejam plenamente alcançadas. Este *software*, conforme os procedimentos mostrados, terá um desenvolvimento relativamente simples, podendo ser operado em computadores pessoais. Desta forma, as entidades envolvidas poderão, inclusive, simular situações operacionais hipotéticas. A esse respeito, conseguiu-se simular uma operação circular para a linha Abraão, a partir do levantamento de junho de 1991.

Como a análise feita baseia-se em um único dia de operação para todas as linhas levantadas, o que iguala as práticas atuais, recomenda-se a elaboração de um estudo que contemple a sazonalidade da demanda e do tempo de viagem (ao longo da semana, dos meses e dos anos), a fim de que o modelo seja aperfeiçoado em uma abordagem estocástica. Desta forma, poder-se-á realizar o levantamento em um determinado mês e iniciar a operação um ou vários meses depois, sem os inconvenientes apontados no trabalho.

ANEXO 1 - METODOLOGIA DOS LEVANTAMENTOS DE CAMPO

Neste Anexo, são descritas de forma sucinta as metodologias utilizadas para a execução dos levantamentos necessários para a determinação da oferta de transporte coletivo por ônibus, com base em Cruz (1986).

A.1.1 - Levantamento de Catracas

Para este levantamento deve-se contar com dois pesquisadores, cada qual postado em um dos terminais, ou apenas um, no caso de a linha ser circular. São levantados todas as viagens que ocorrem em um dia considerado típico, geralmente um dia útil. Sábados e domingos ou feriados são tratados separadamente, devido à sazonalidade da demanda ao longo da semana.

A fonte consultada recomenda que o levantamento e, em consequência, o dimensionamento operacional, seja feito após seis meses a contar da data do início da operação da nova programação, prazo julgado necessário para haver a acomodação da demanda. A partir daí, uma vez a cada ano, para acompanhar o seu crescimento vegetativo.

O pesquisador deverá preencher a planilha mostrada na Figura A.1.1, onde constam o prefixo do veículo que chega ao ter-

LINHA		Nº		DATA		PONTO DE PESQUISA	
EMPRESA		TEMPO		<input type="checkbox"/> SOL <input type="checkbox"/> CHUVOSO		PESQUISADOR	

Nº DE OFICINA	NÚMERO DO VEÍCULO	HORÁRIO		CATRACA	Nº DE OFICINA	NÚMERO DO VEÍCULO	HORÁRIO		CATRACA
		CHEGADA	SAÍDA				CHEGADA	SAÍDA	
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
01					30				
02					31				
03					32				
04					33				
05					34				
06					35				
07					36				
08					37				
09					38				
10					39				
11					40				
12					41				
13					42				
14					43				
15					44				
16					45				
17					46				
18					47				
19					48				
20					49				
21					50				
22					51				
23					52				
24					53				
25					54				
26					55				
27					56				
28					57				
29					58				

Fonte: Cruz, 1986

Figura A.1.1 - Modelo da Planilha do Levantamento de Catracas

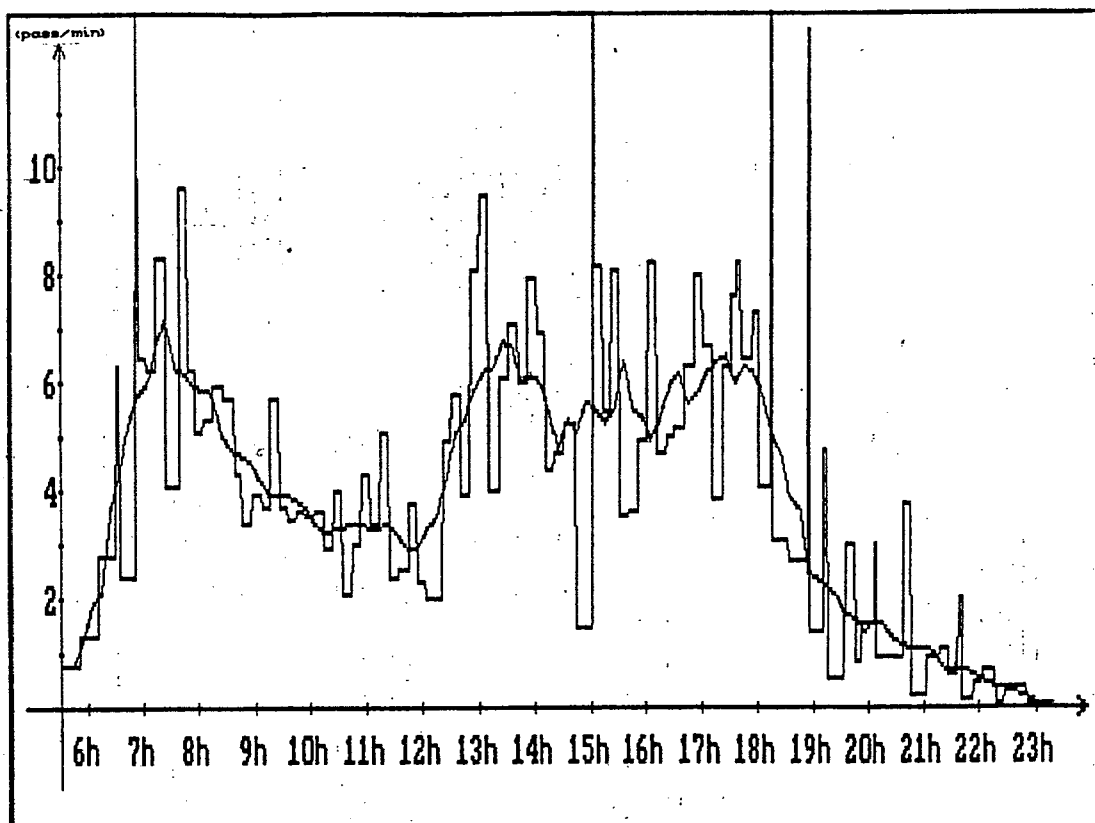
minial, o respectivo horário e o valor da catraca, após o desembarque do último passageiro. Quando o este veículo iniciar uma nova viagem, será anotado o horário de partida.

As informações assim obtidas são transportadas, no escritório, para a planilha da Figura A.1.2 que, devidamente preenchida, fornece os dados de entrada para o dimensionamento operacional, independentemente do modelo que será utilizado:

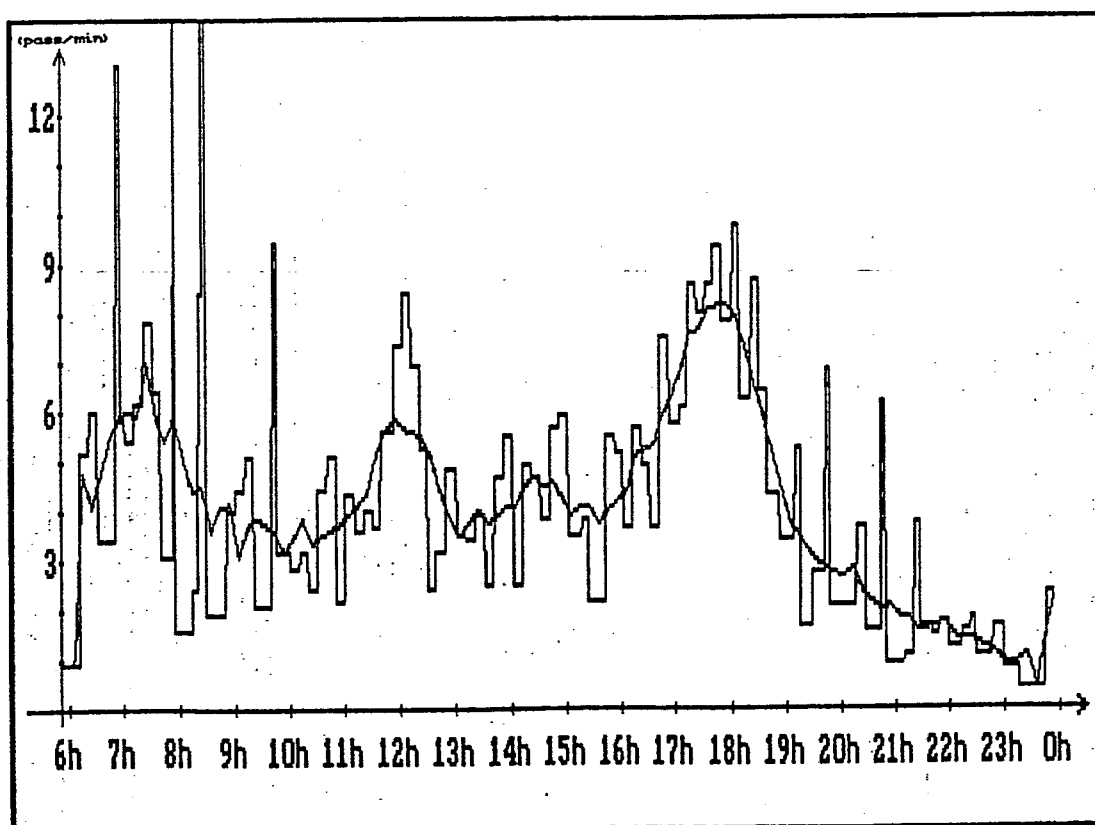
- Horário de início de cada viagem;
- Quantidade de passageiros transportados por viagem;

ANEXO 2 - DISTRIBUIÇÕES DO FLUXO DE PASSAGEIROS E DO TEMPO DE VIAGEM

A.2.1 - ESTIMATIVAS DA DISTRIBUIÇÃO DO FLUXO DE PASSAGEIROS

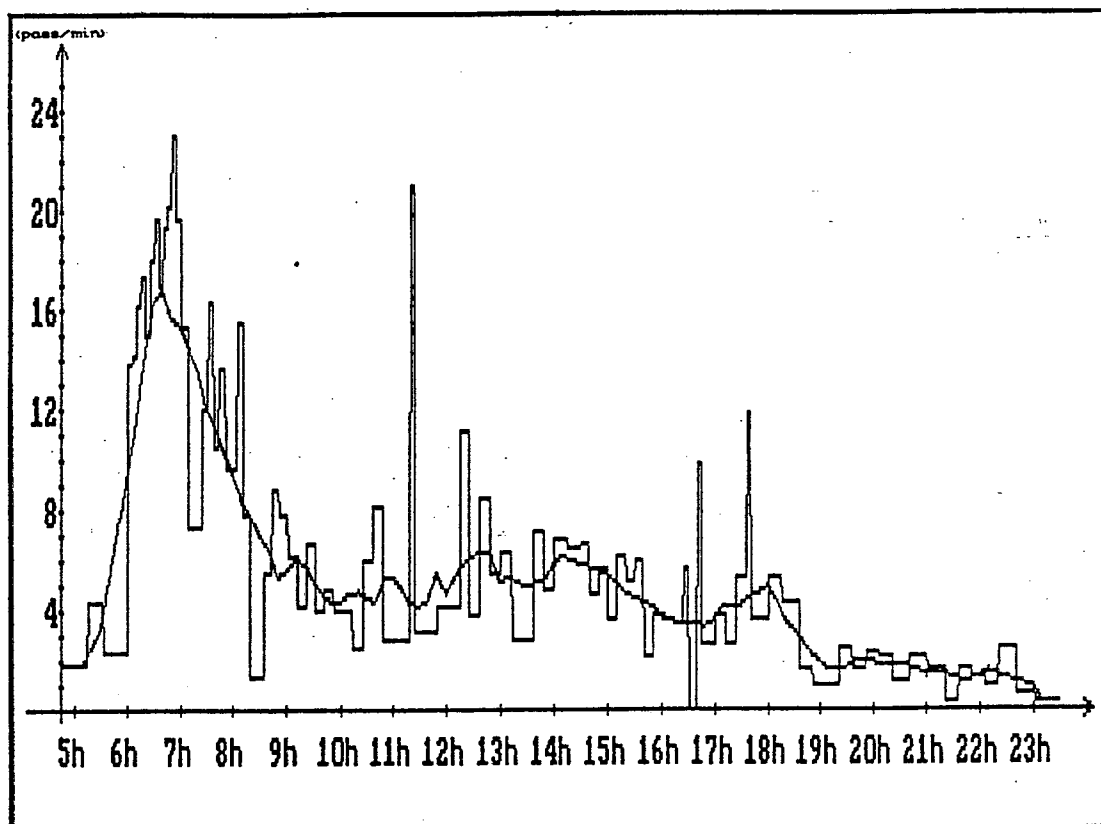


(a) Sentido Bairro-Centro

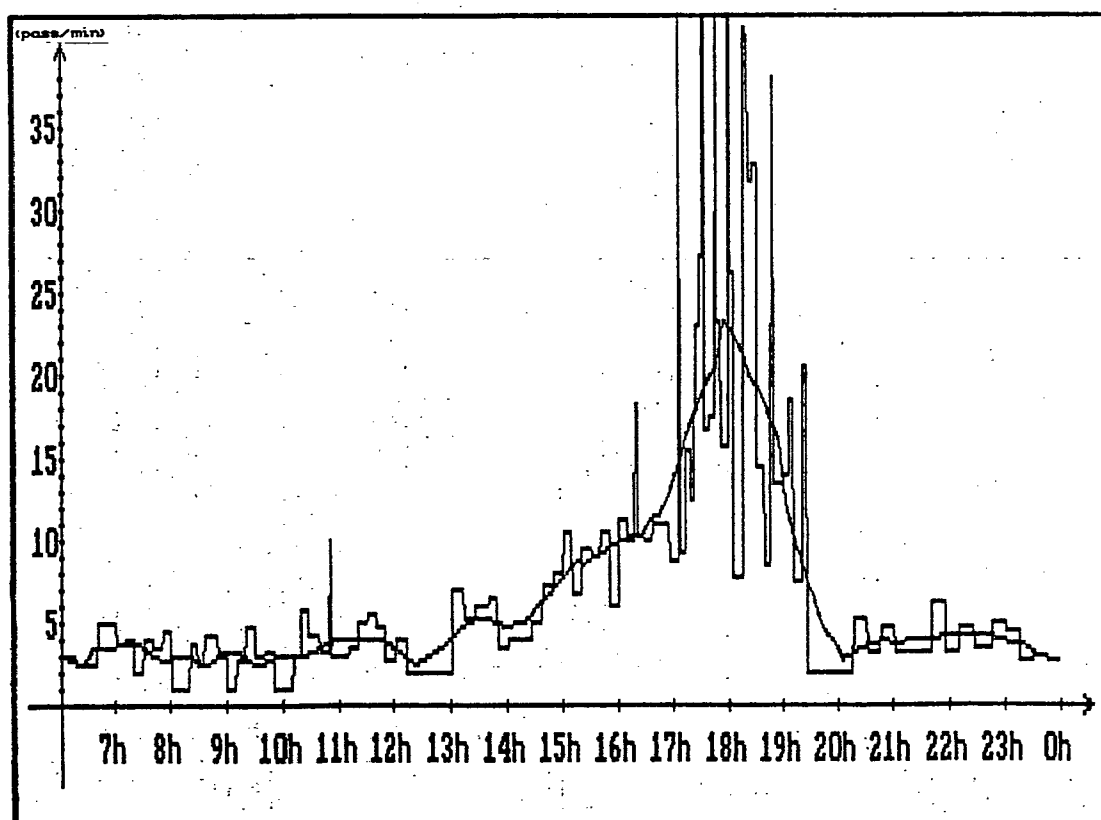


(b) Sentido Centro-Bairro

Figura A.2.1.1 - MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros (Linha Agrônômica, 1984)

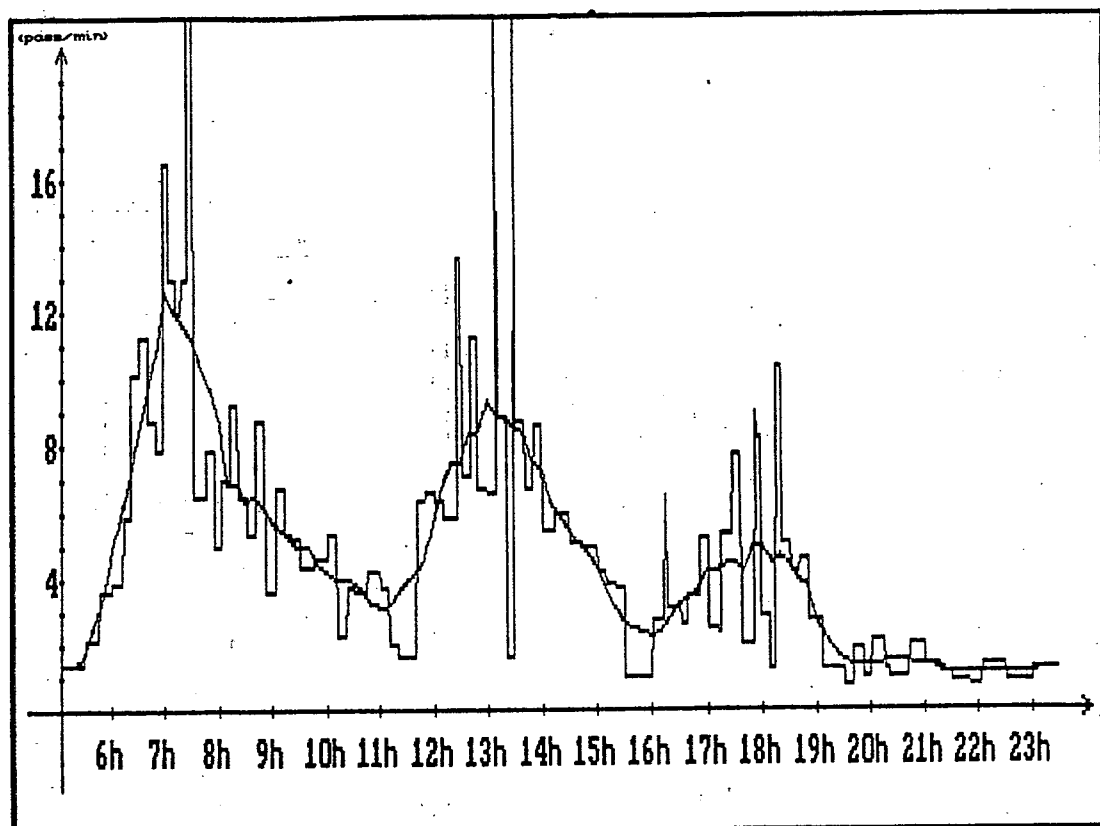


(a) Sentido Bairro-Centro

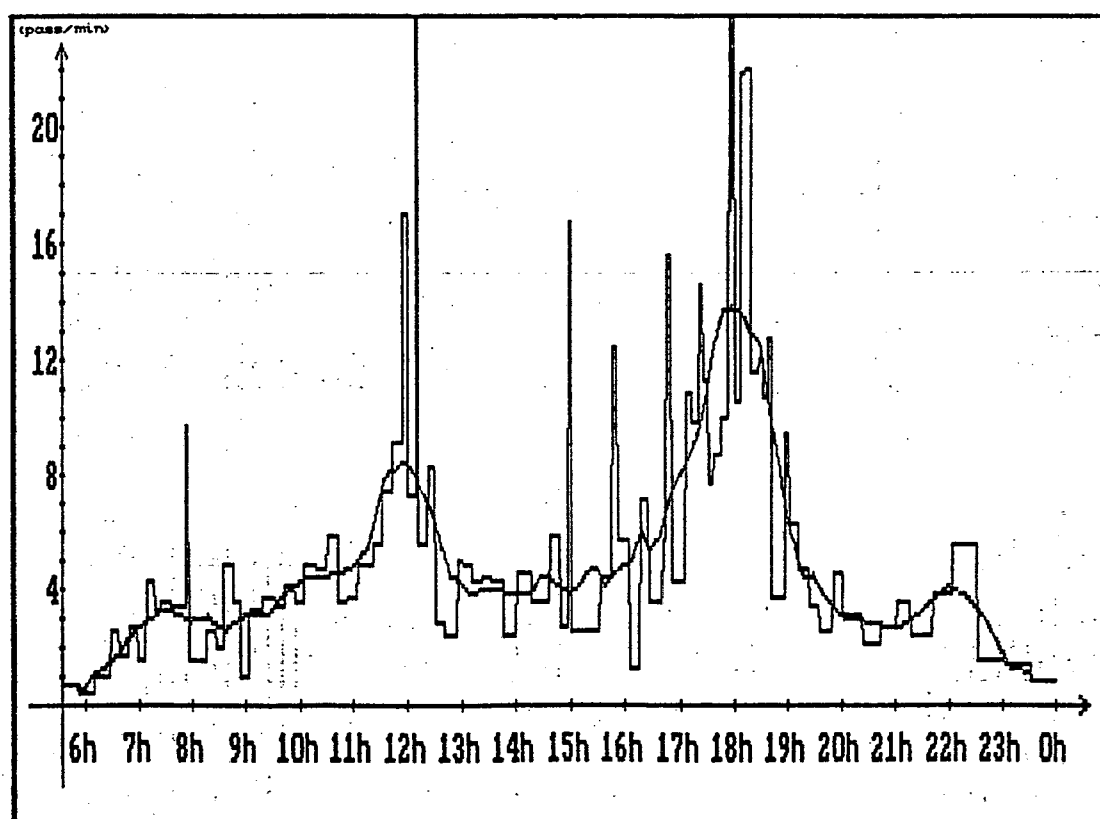


(b) Sentido Centro-Bairro

Figura A.2.1.2 - MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros (Linha Alvorada, 1989)

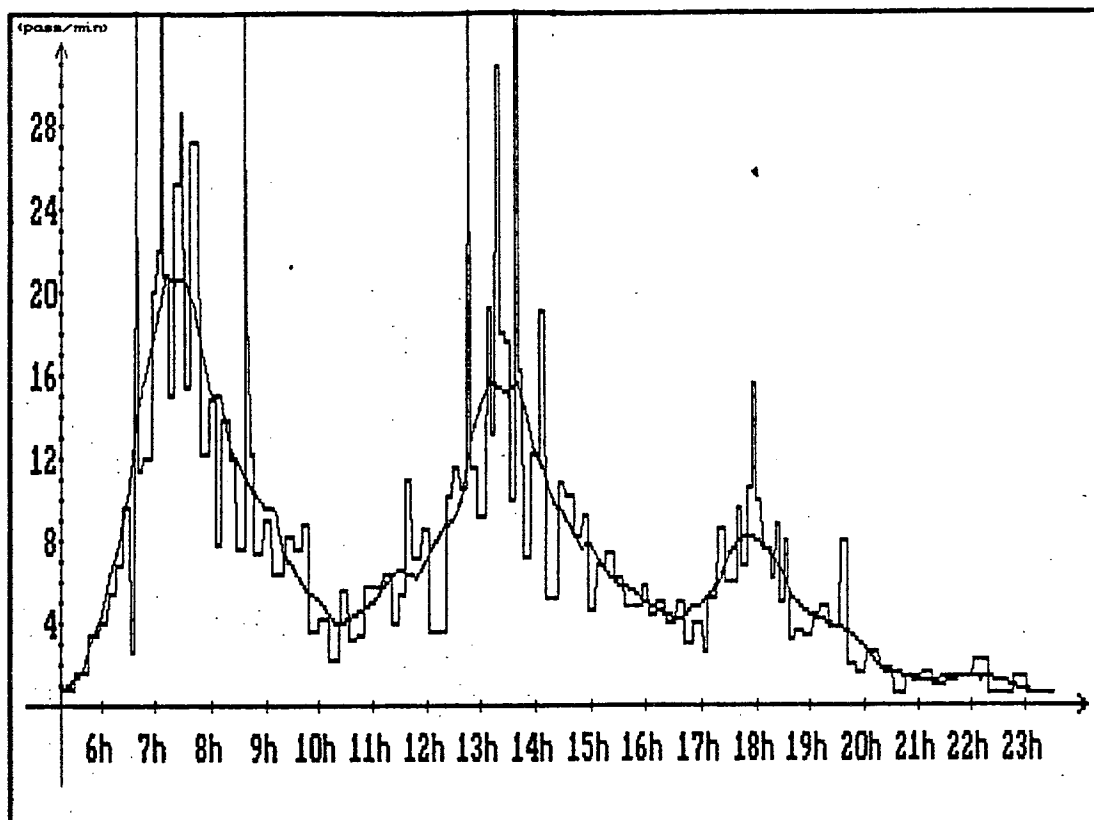


(a) Sentido Bairro-Centro

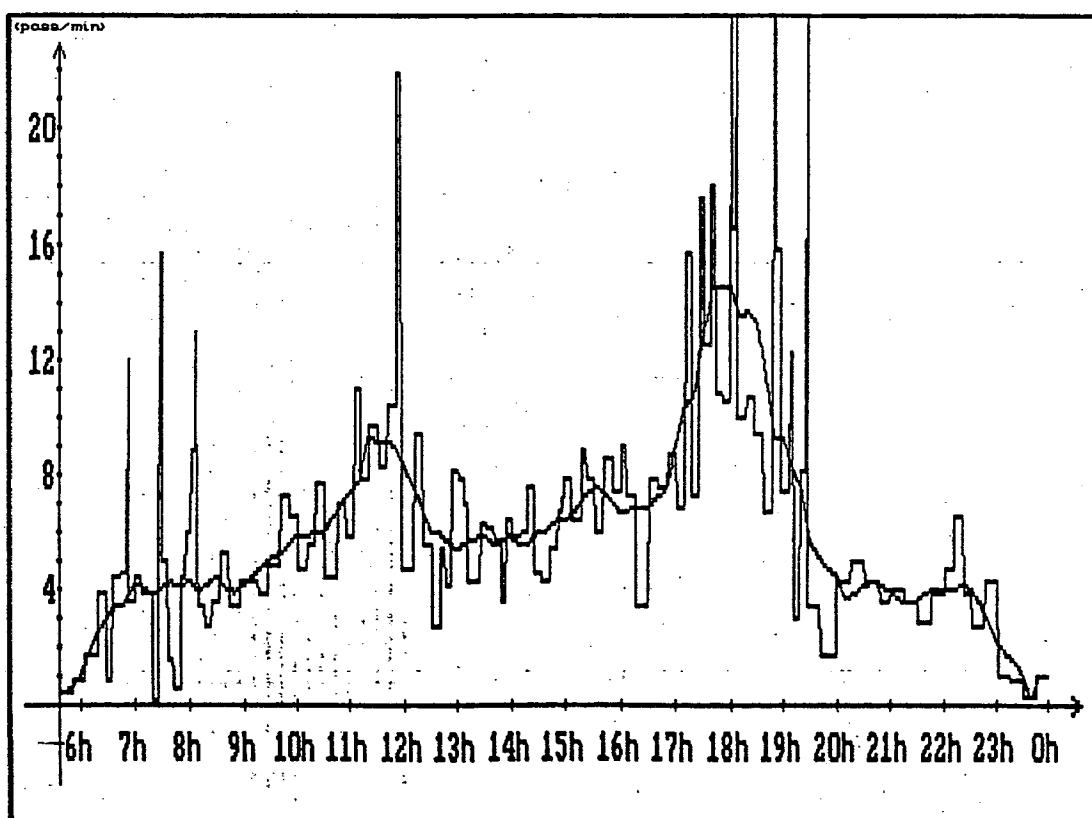


(b) Sentido Centro-Bairro

Figura A.2.1.3 - MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros (Linha Barreiros, 1989)



(a) Sentido Bairro-Centro



(b) Sentido Centro-Bairro

Figura A.2.1.4 - MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros (Linha Capoeiras, 1983)

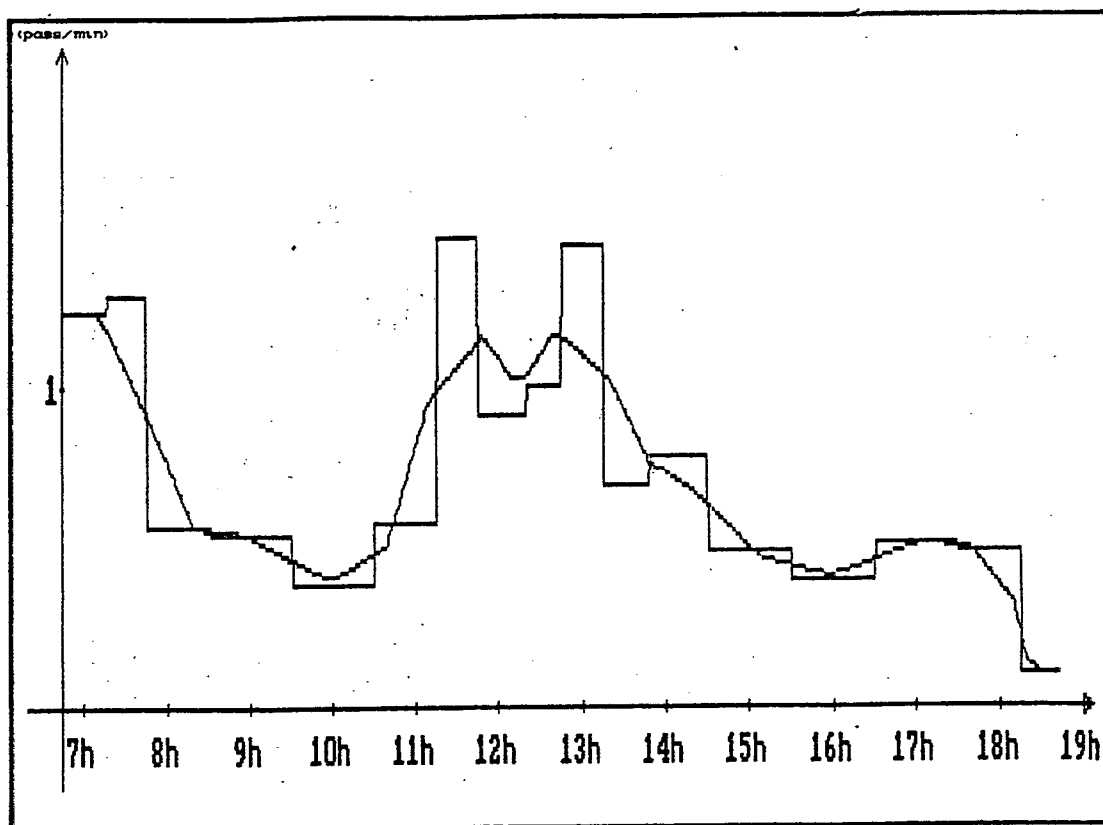


Figura A.2.1.5 - MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros (Linha Circular 108, 1984)

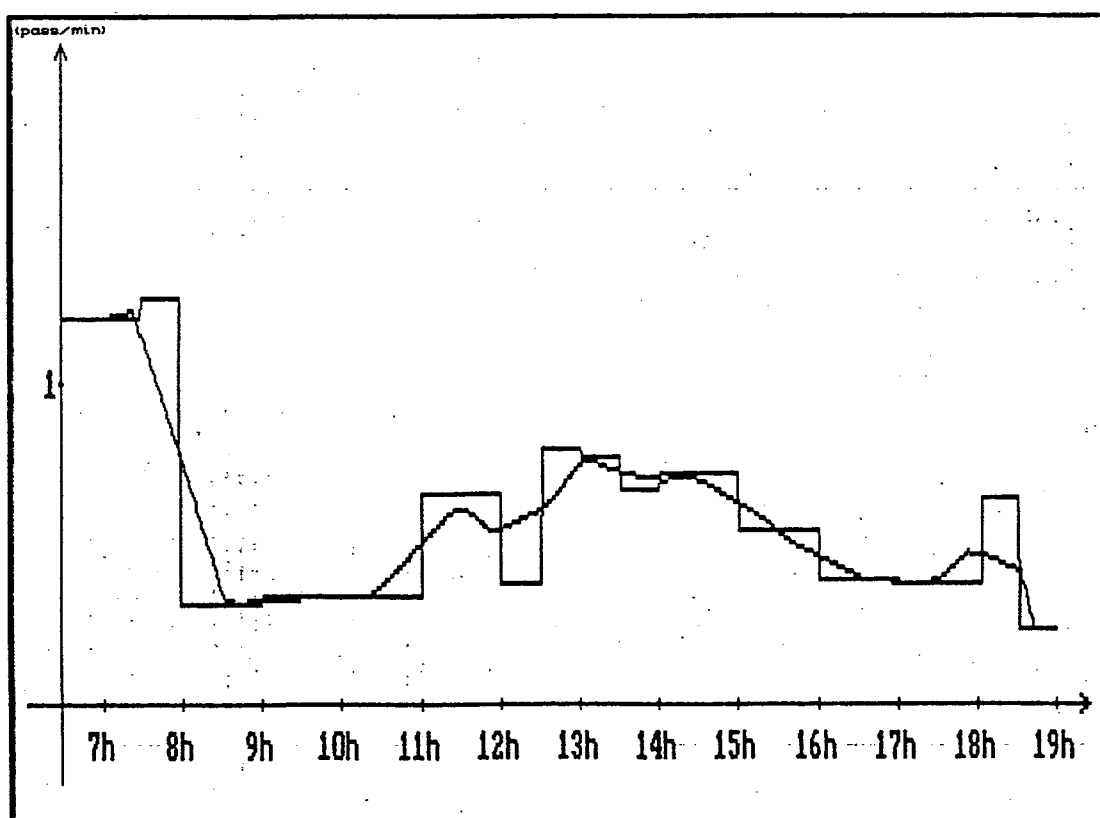


Figura A.2.1.6 - MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros (Linha Circular 109, 1984)

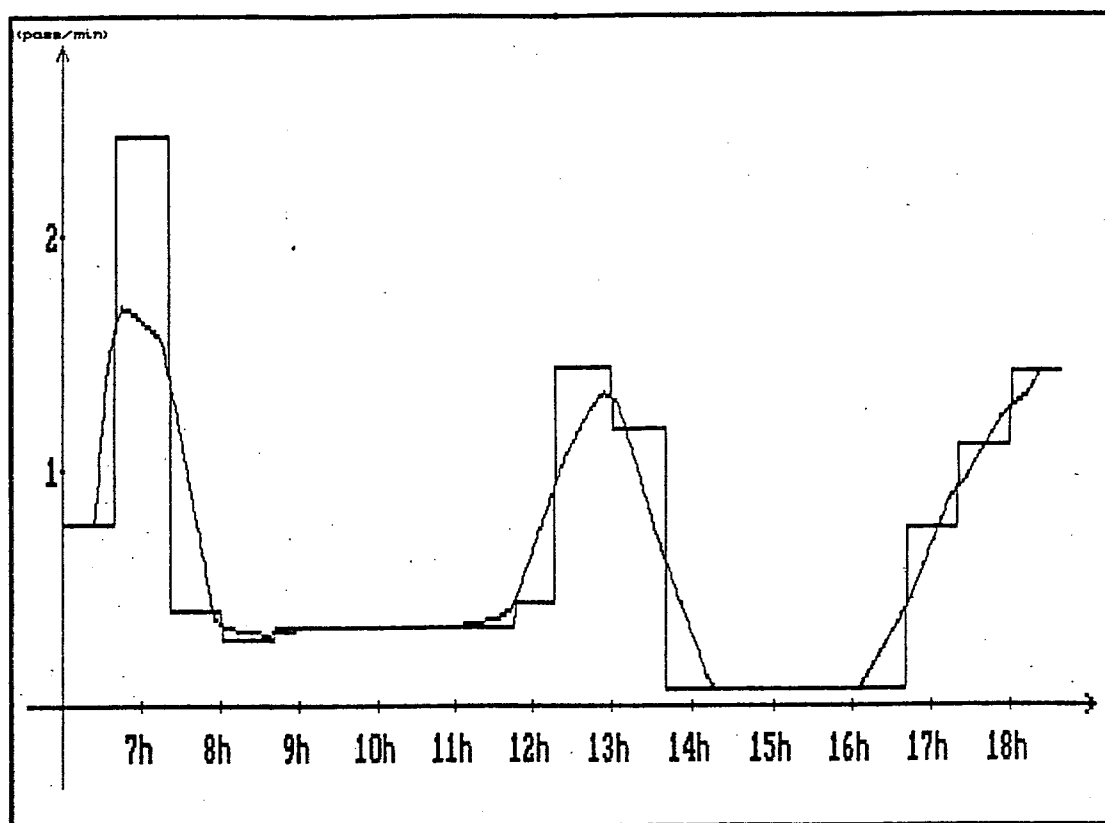


Figura A.2.1.7 - MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros (Linha Circular 121, 1983)

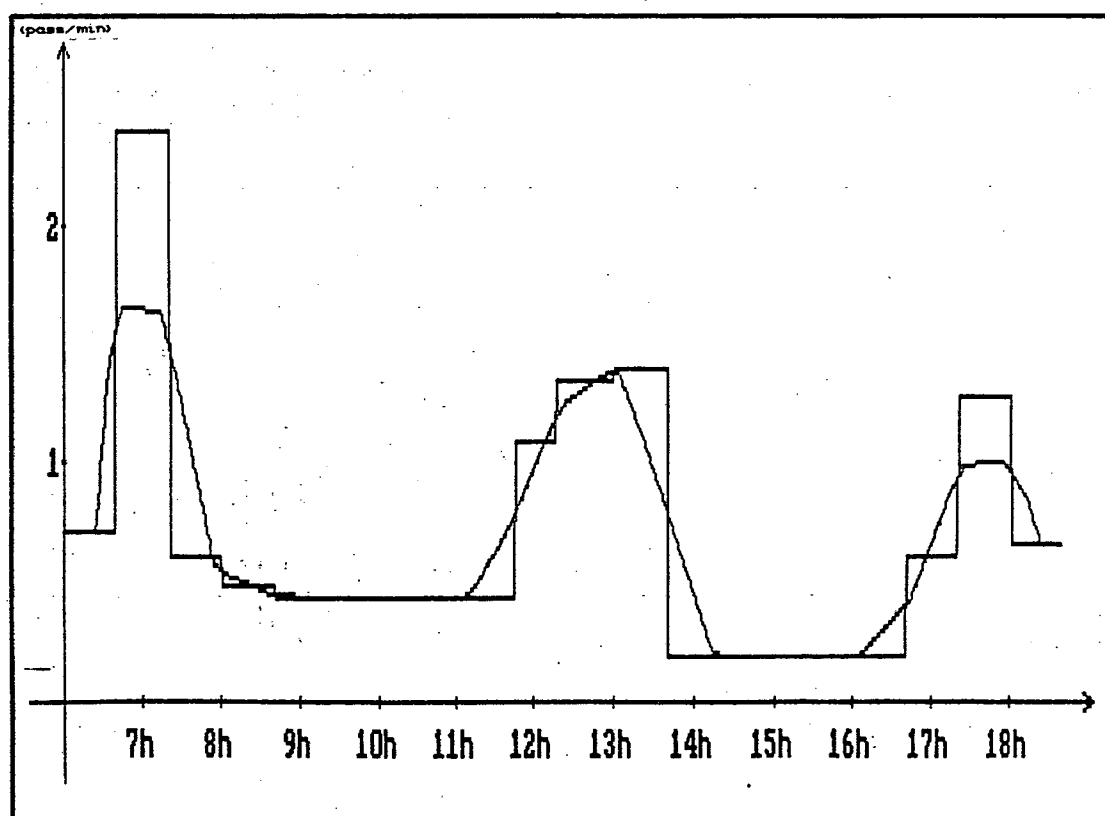
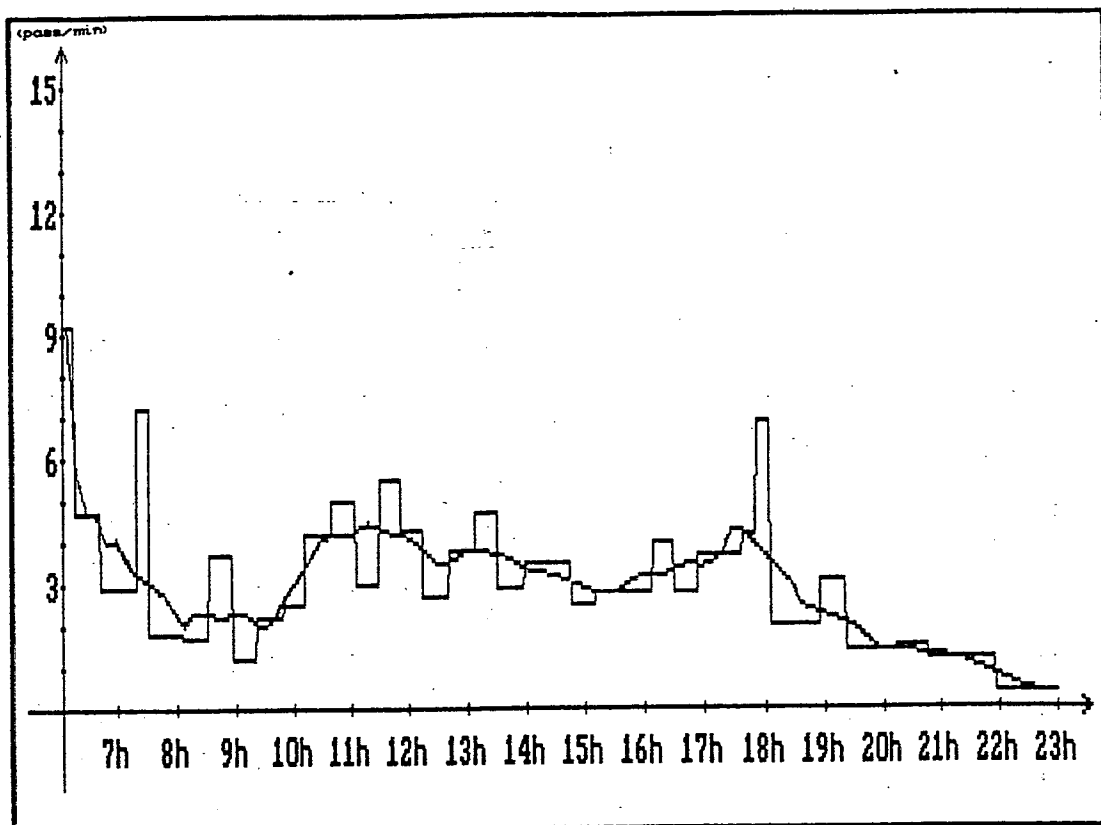
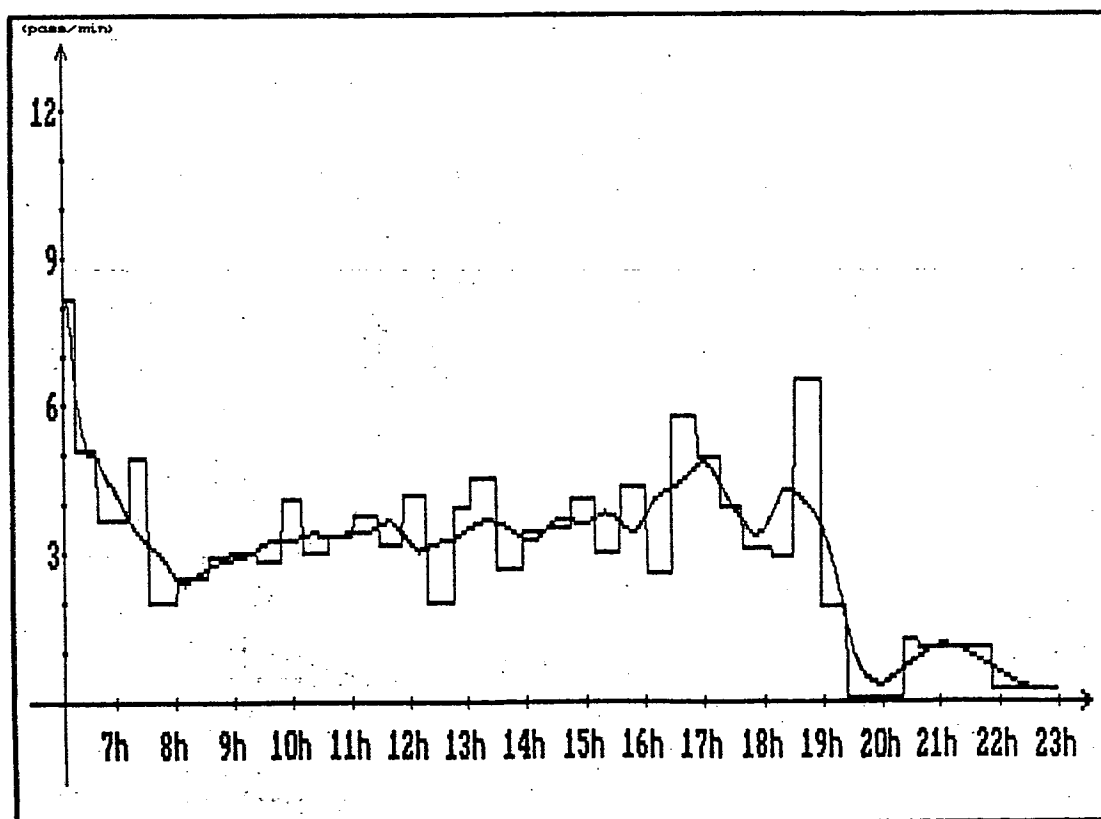


Figura A.2.1.8 - MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros (Linha Circular 122, 1983)

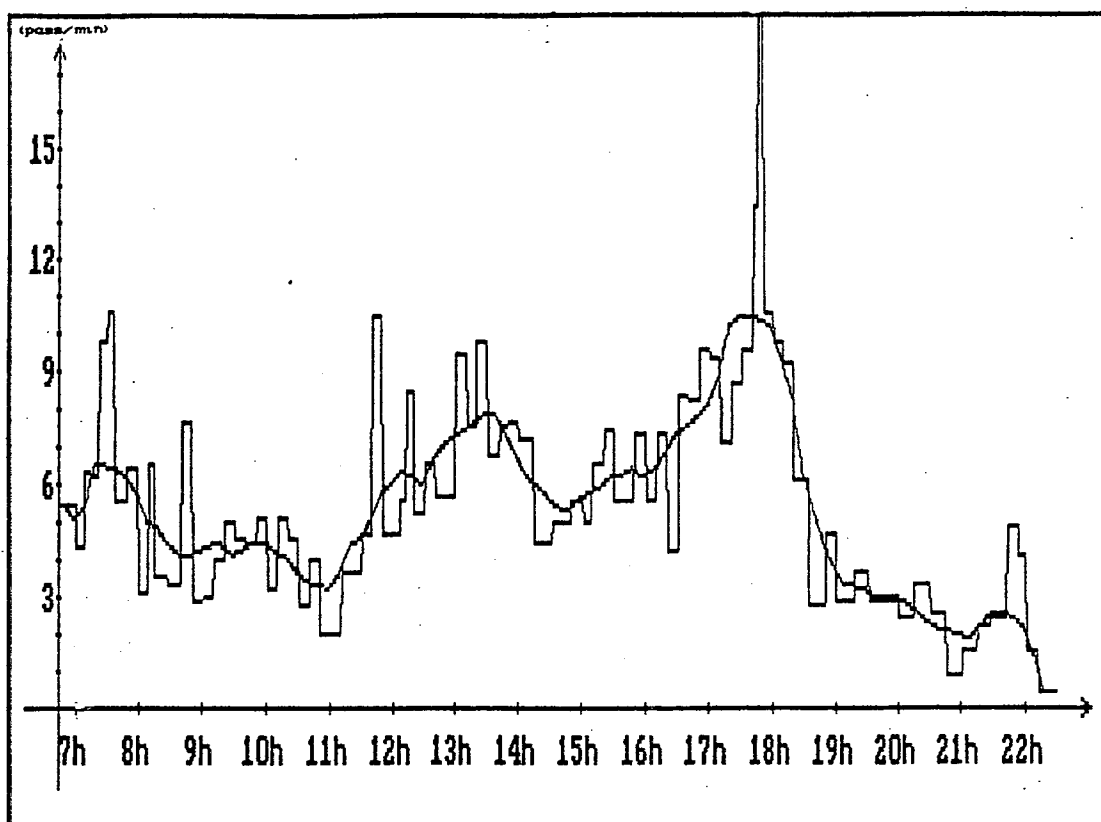


(a) 1988

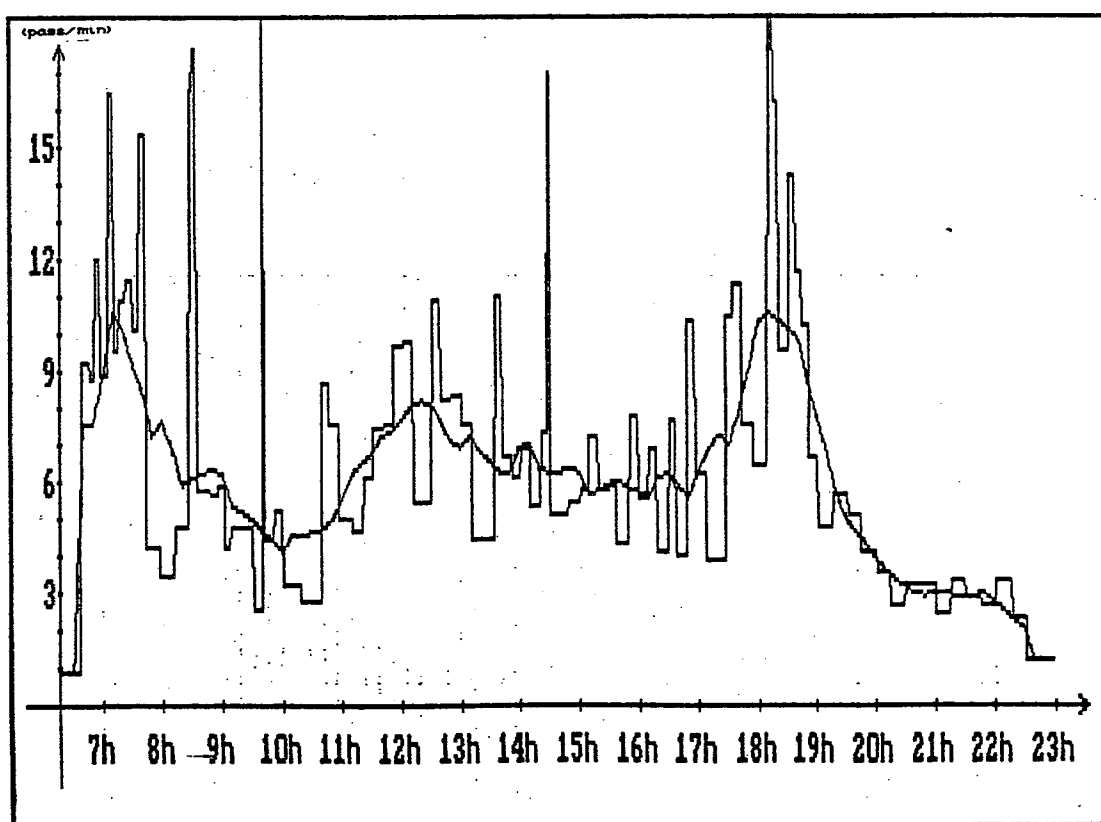


(b) 1989

Figura A.2.1.9 - MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros (Linha Cruzeiro)

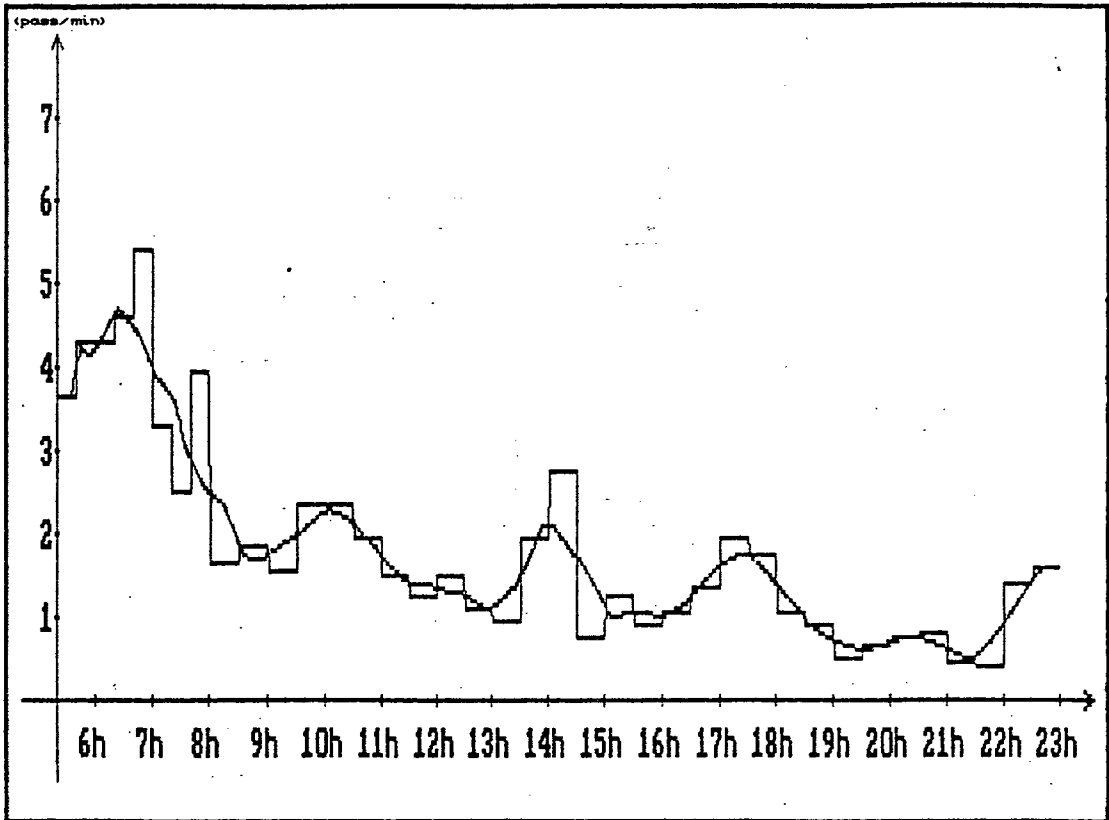


(a) Sentido Bairro-Centro

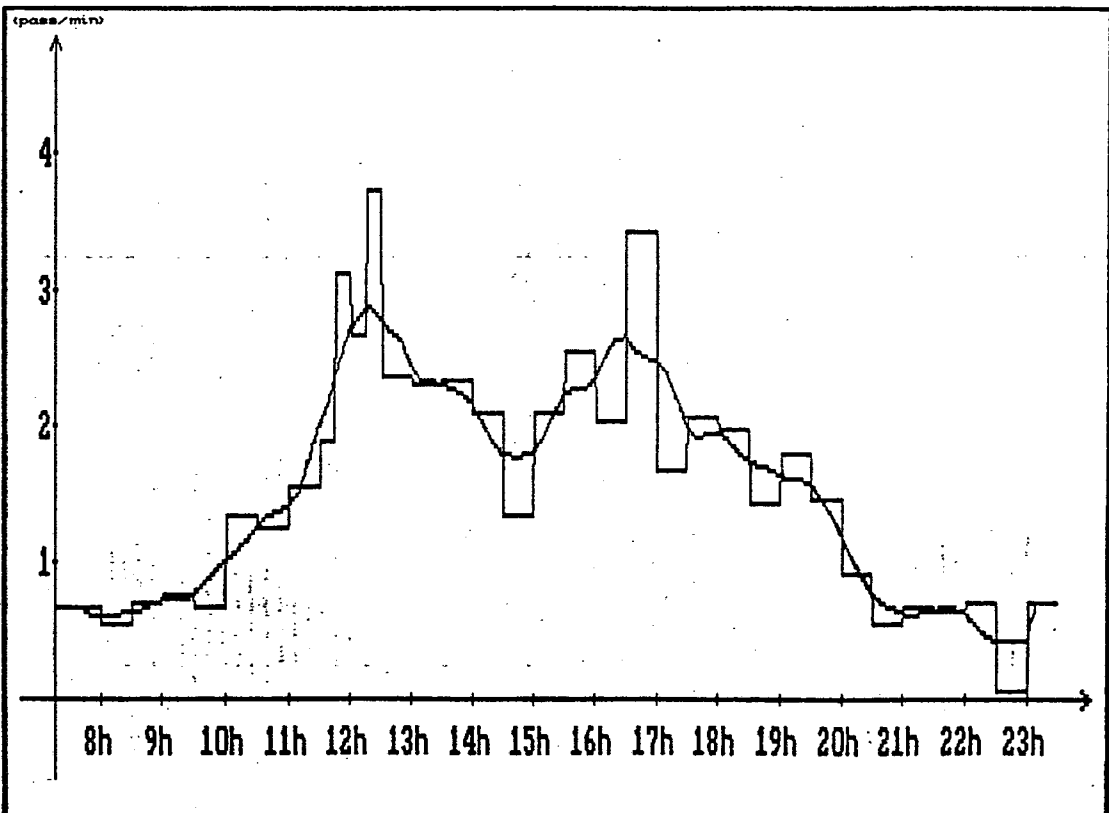


(b) Sentido Centro-Bairro

Figura A.2.1.10 - MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros (Linha Expresso UFSC, 1984)

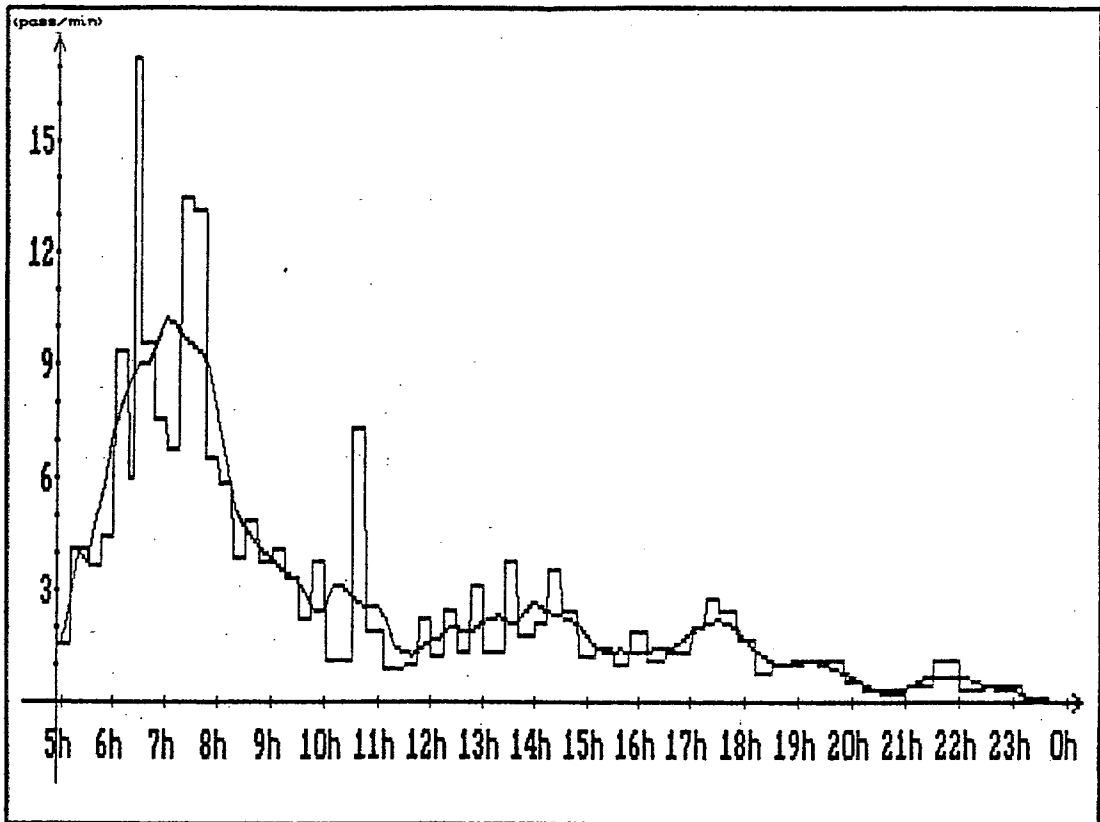


(a) Sentido Bairro-Centro

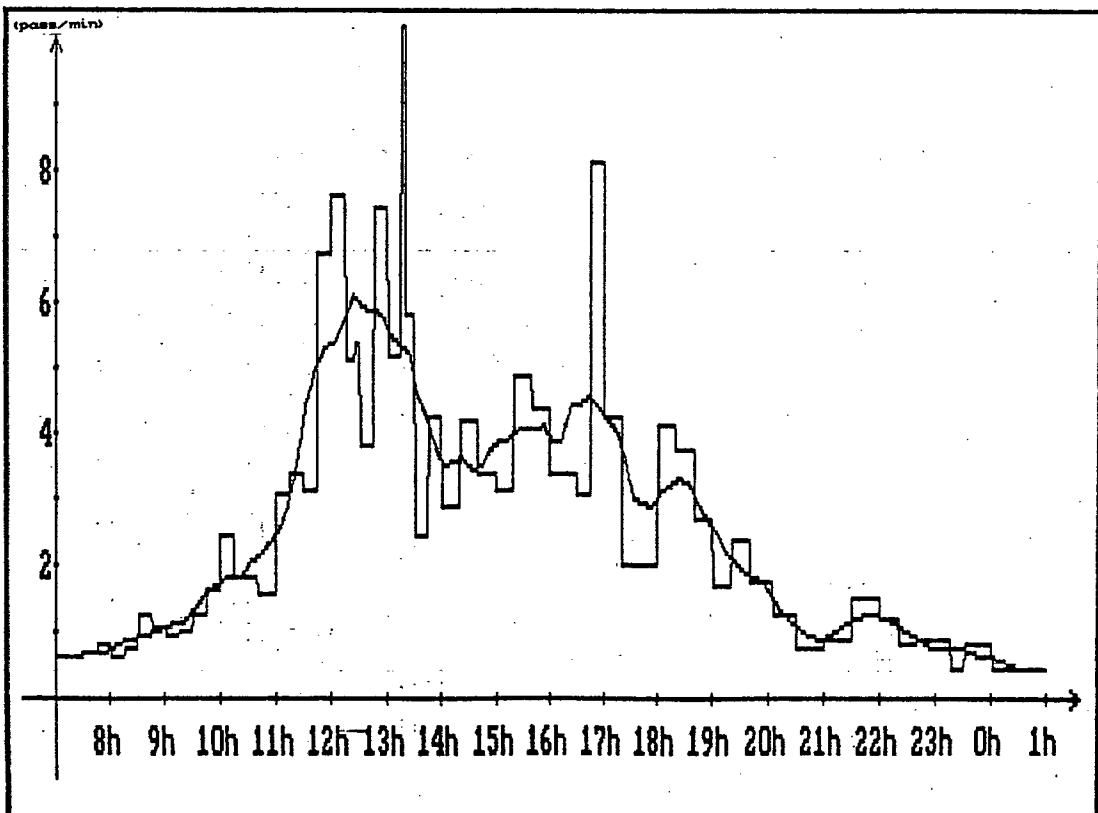


(b) Sentido Centro-Bairro

Figura A.2.1.11 - MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros (Linha Harmonia, 1989)

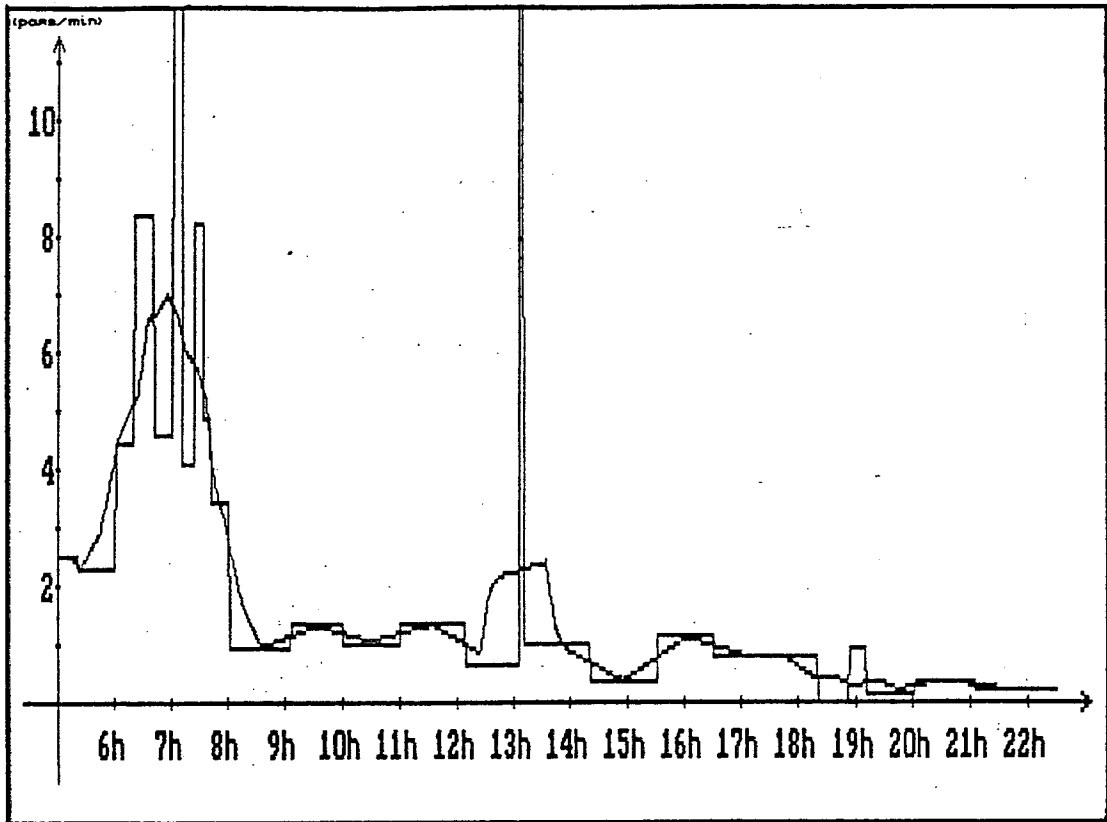


(a) Sentido Bairro-Centro

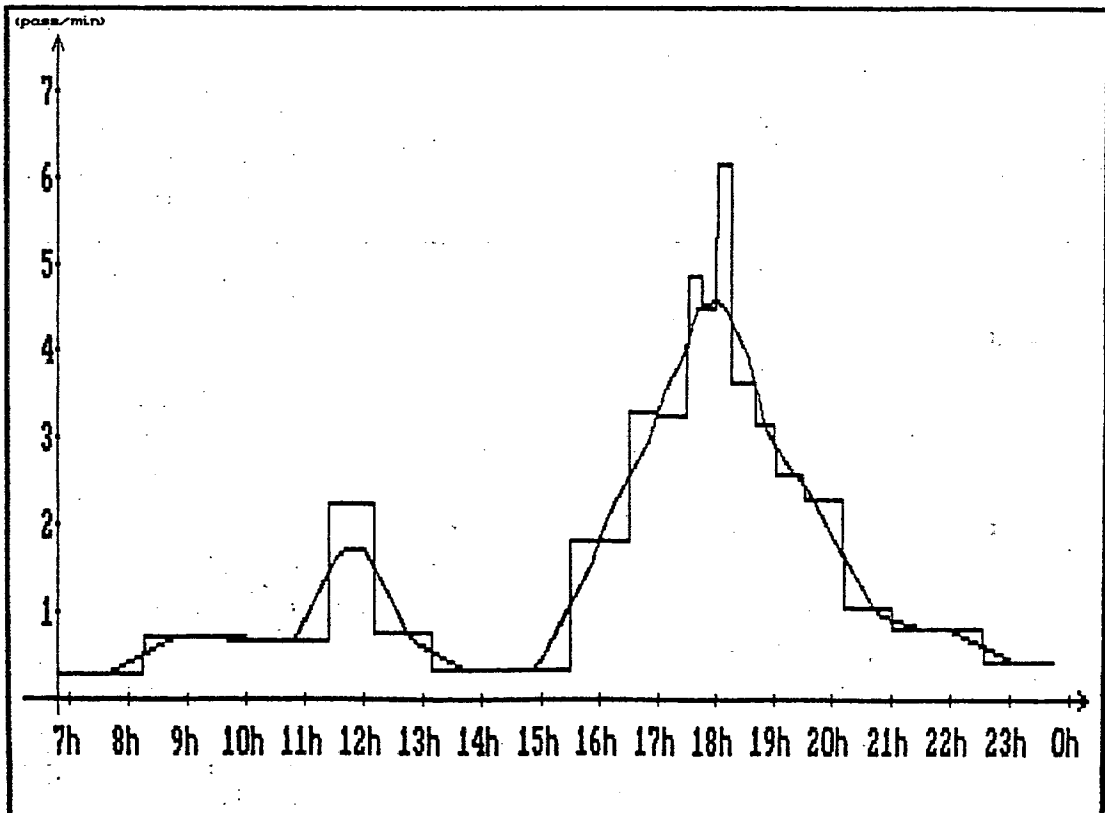


(b) Sentido Centro-Bairro

Figura A.2.1.12 - MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros (Linha Interior Industrial, 1989)

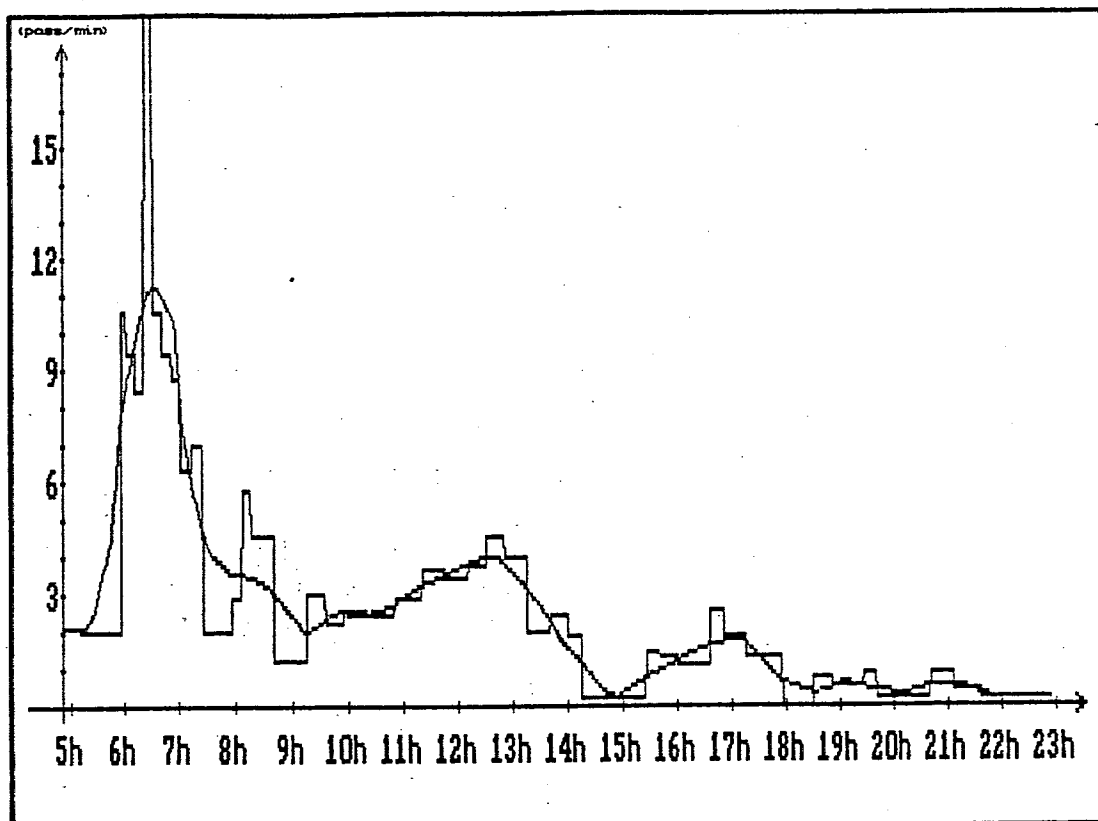


(a) Sentido Bairro-Centro

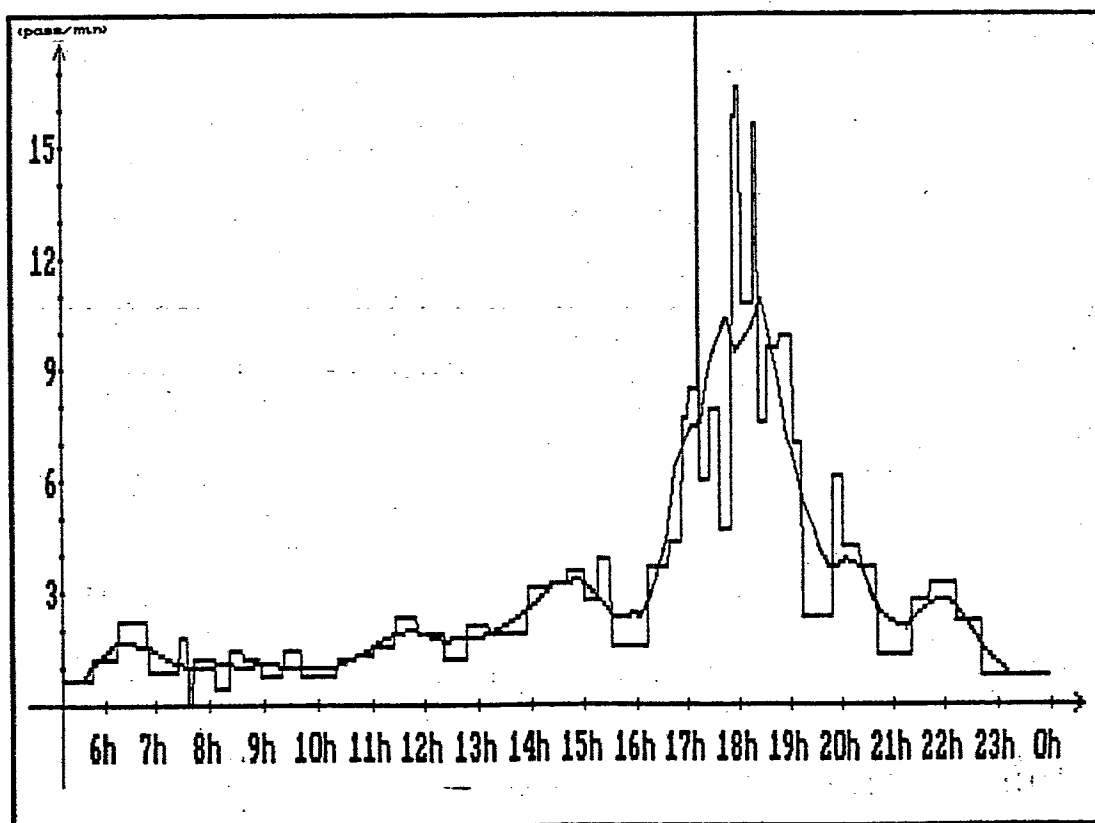


(b) Sentido Centro-Bairro

Figura A.2.1.13 - MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros (Linha Jardim Eldorado, 1983)

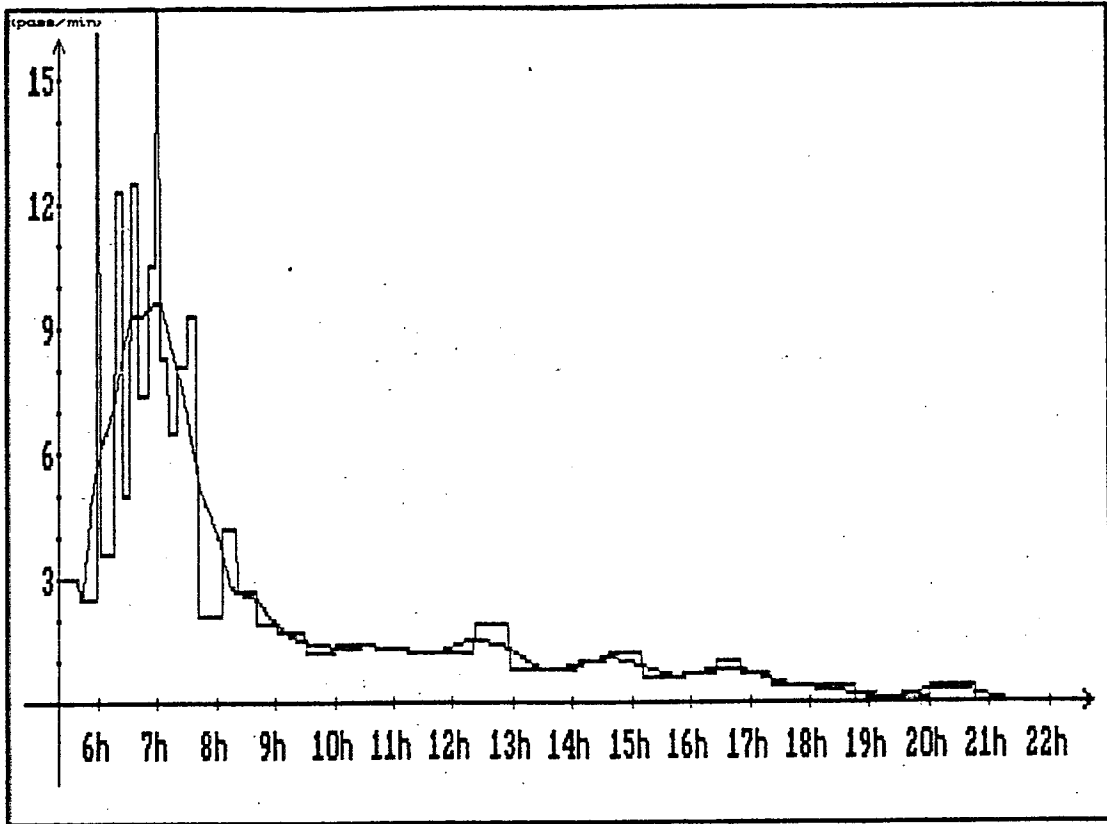


(a) Sentido Bairro-Centro

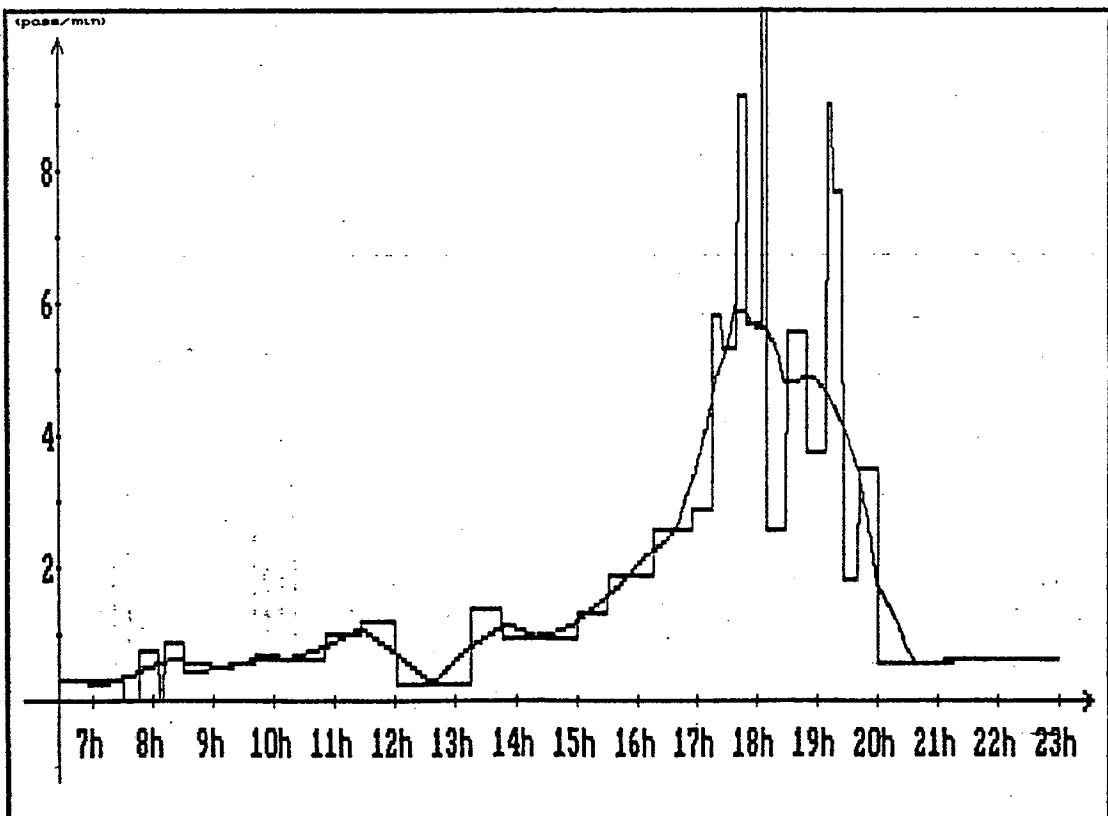


(b) Sentido Centro-Bairro

Figura A.2.1.14 - MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros (Linha Jardim Nossa Senhora Aparecida, 1989)

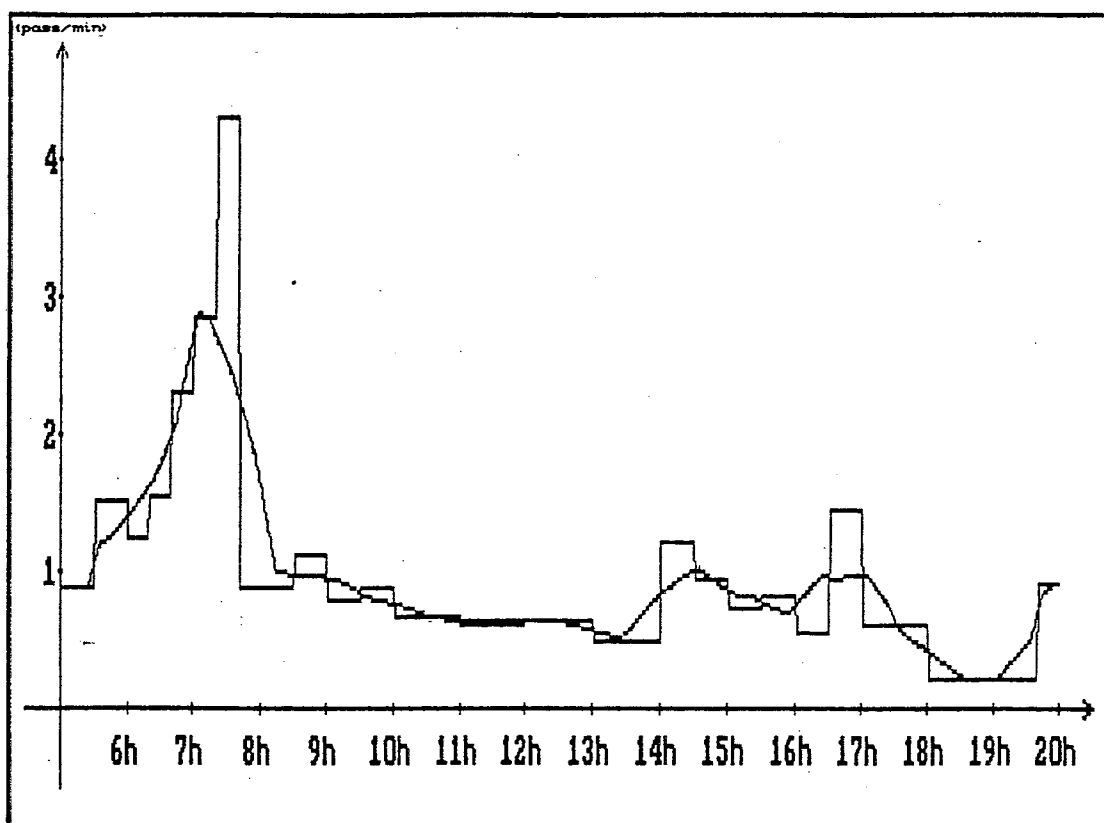


(a) Sentido Bairro-Centro

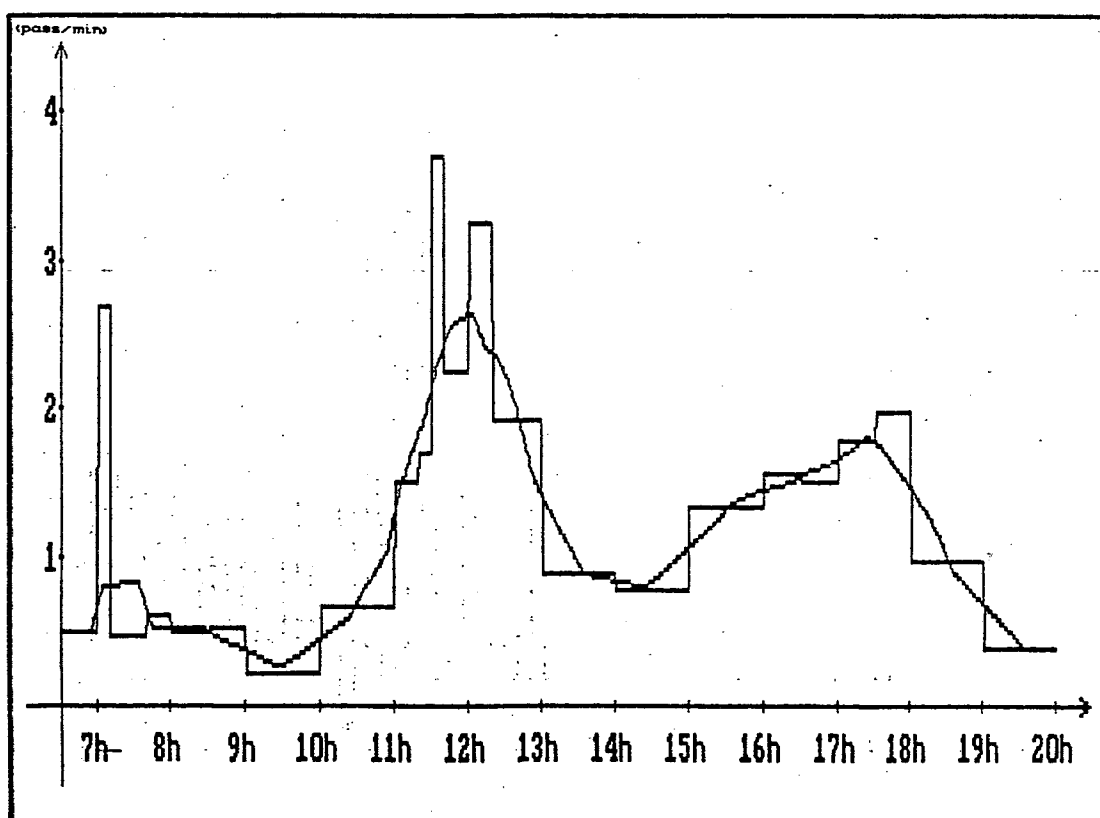


(b) Sentido Centro-Bairro

Figura A.2.1.15 - MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros (Linha Jardim Porto Alegre, 1989)

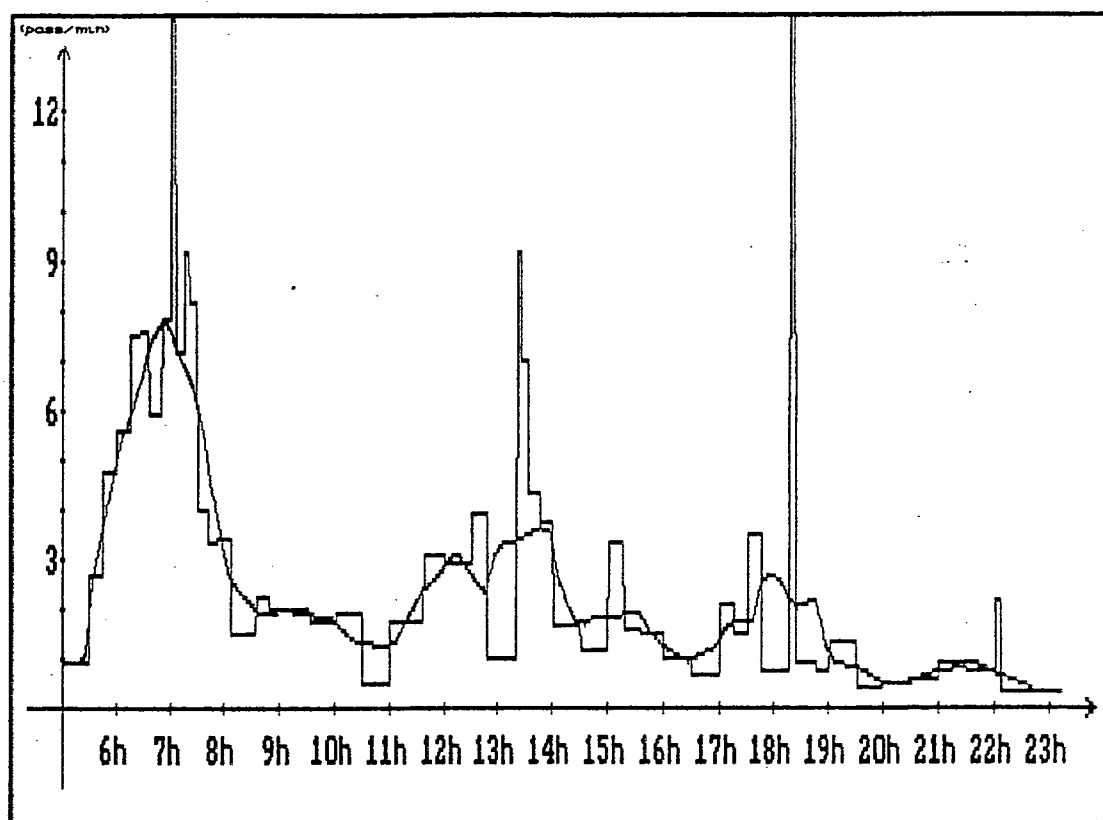


(a) Sentido Bairro-Centro

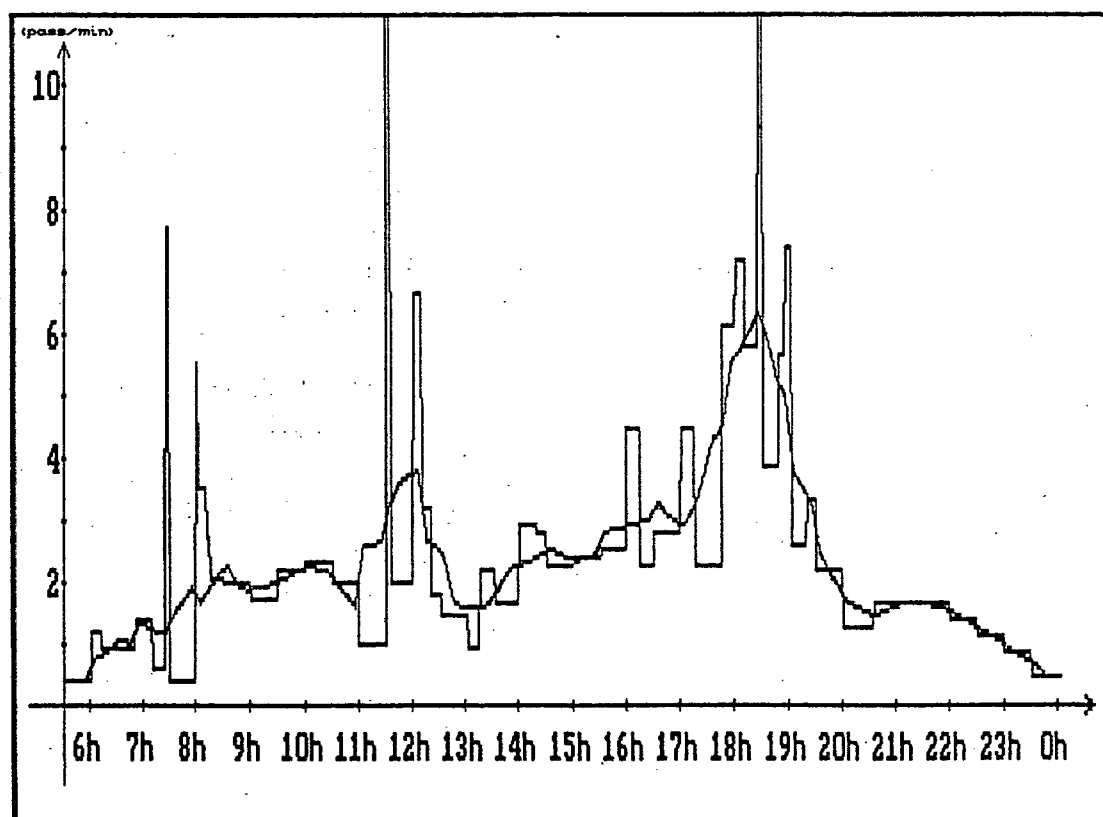


(b) Sentido Centro-Bairro

Figura A.2.1.16 - MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros (Linha Maracanã, 1989)

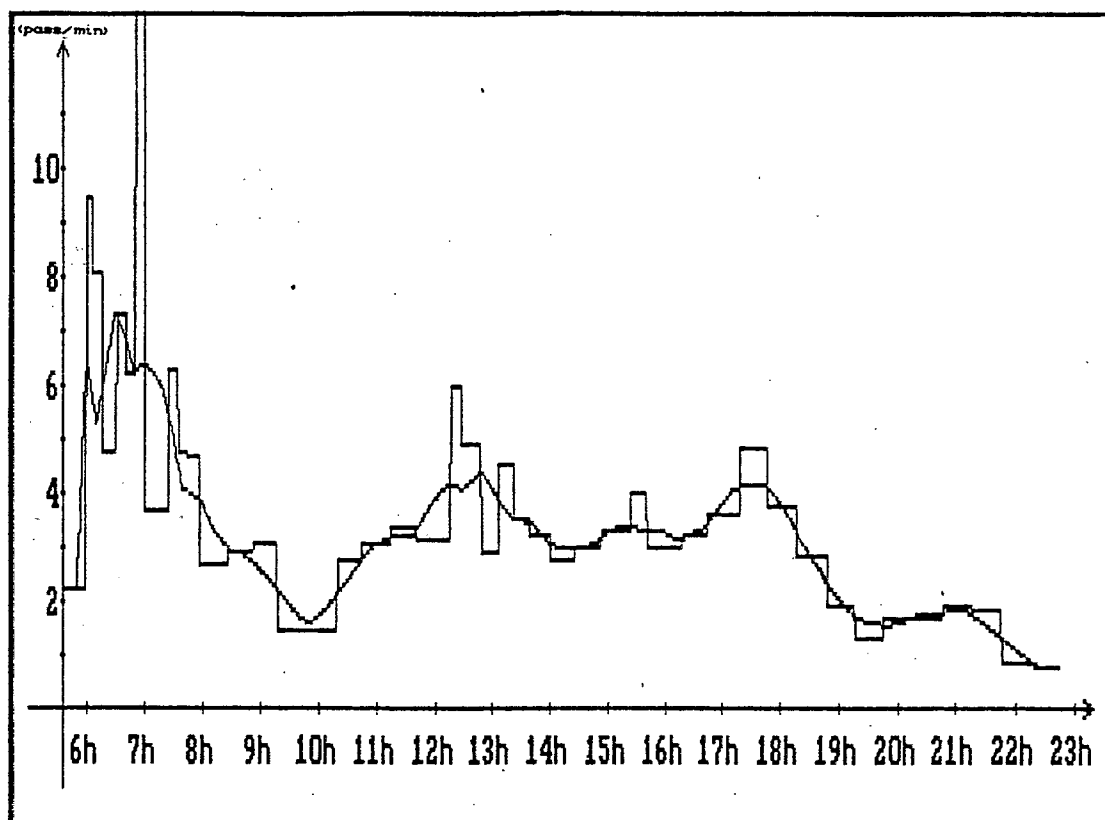


(a) Sentido Bairro-Centro

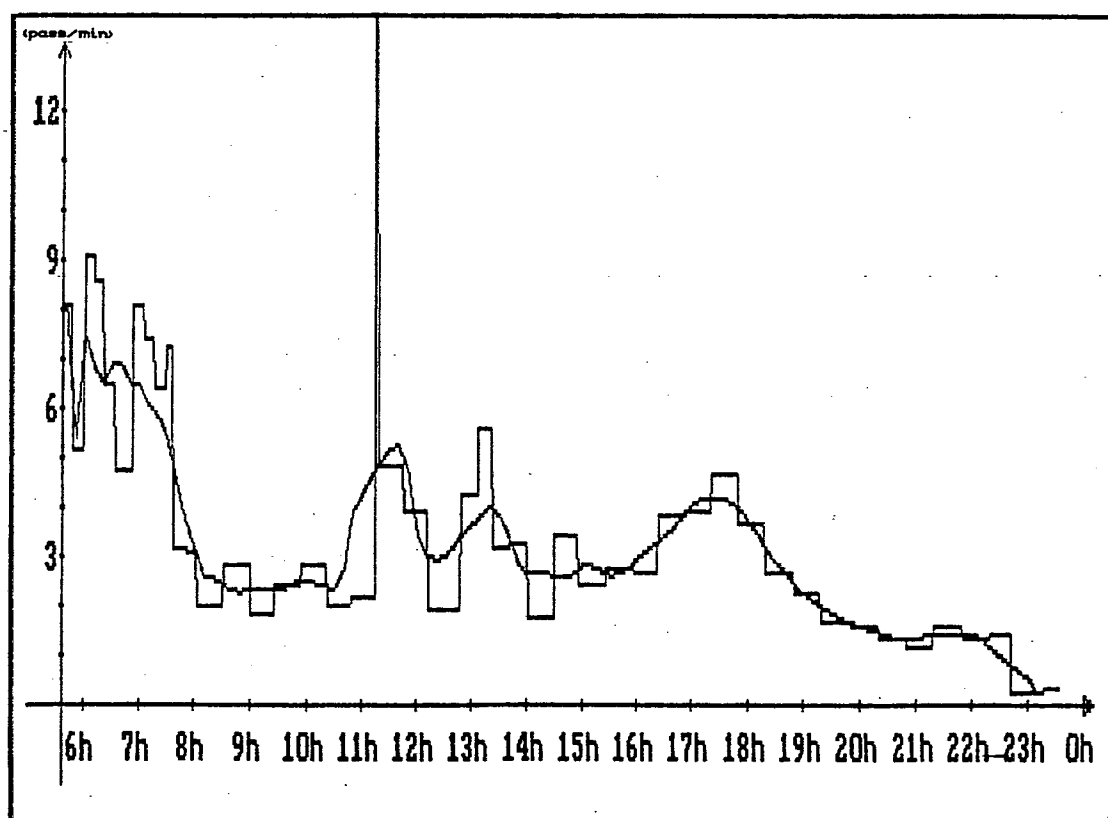


(b) Sentido Centro-Bairro

Figura A.2.1.17 - MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros (Linha Palhoça, 1983)

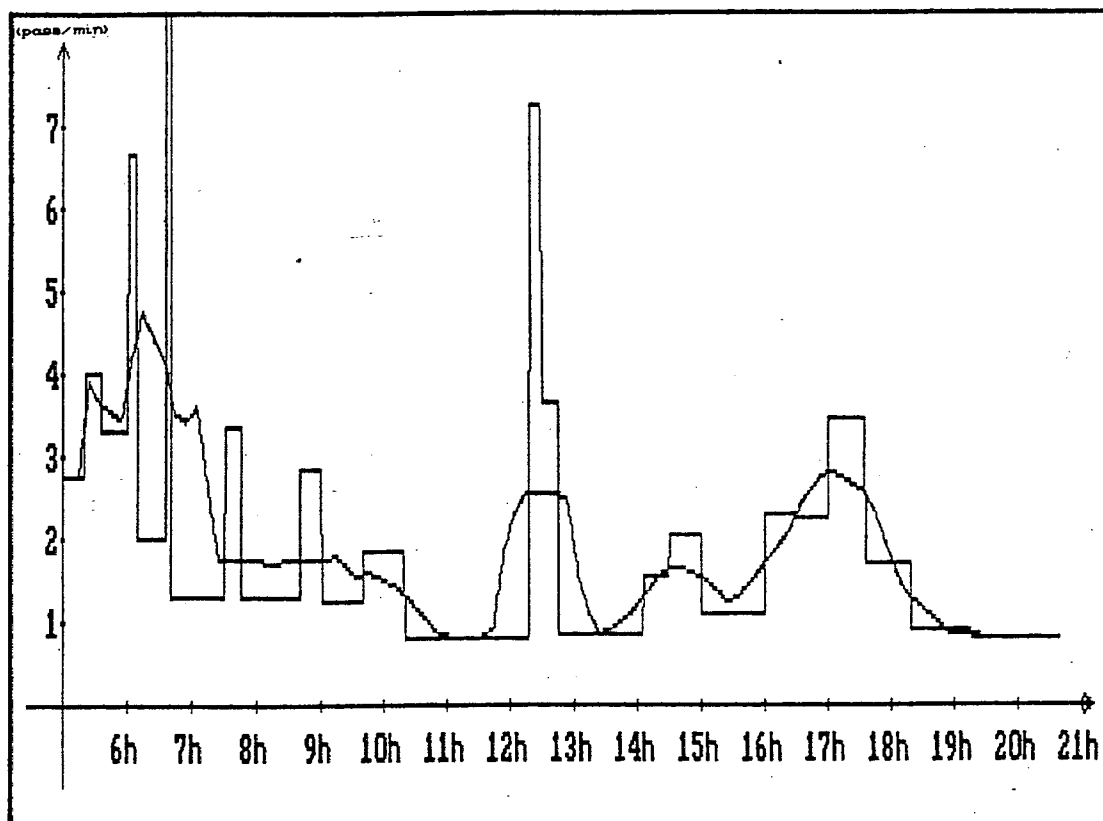


(a) 1988

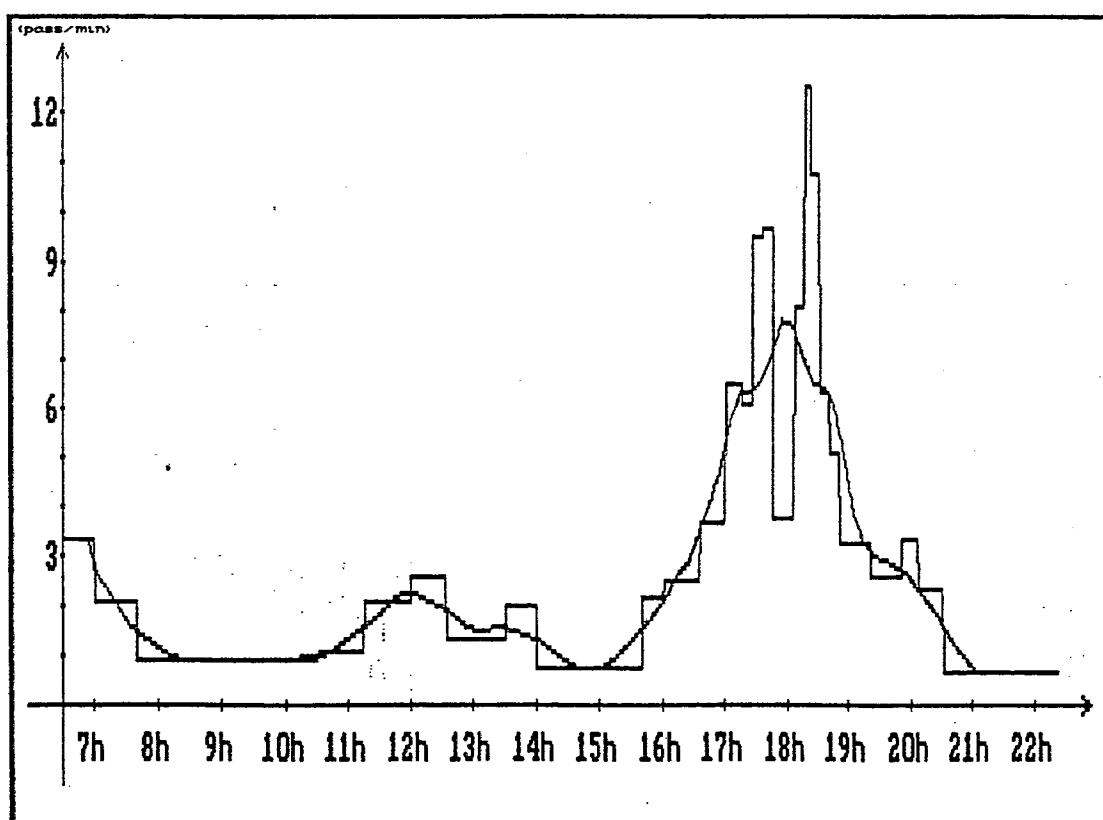


(b) 1989

Figura A.2.1.18 - MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros (Linha Rodoviária-Tubalina)

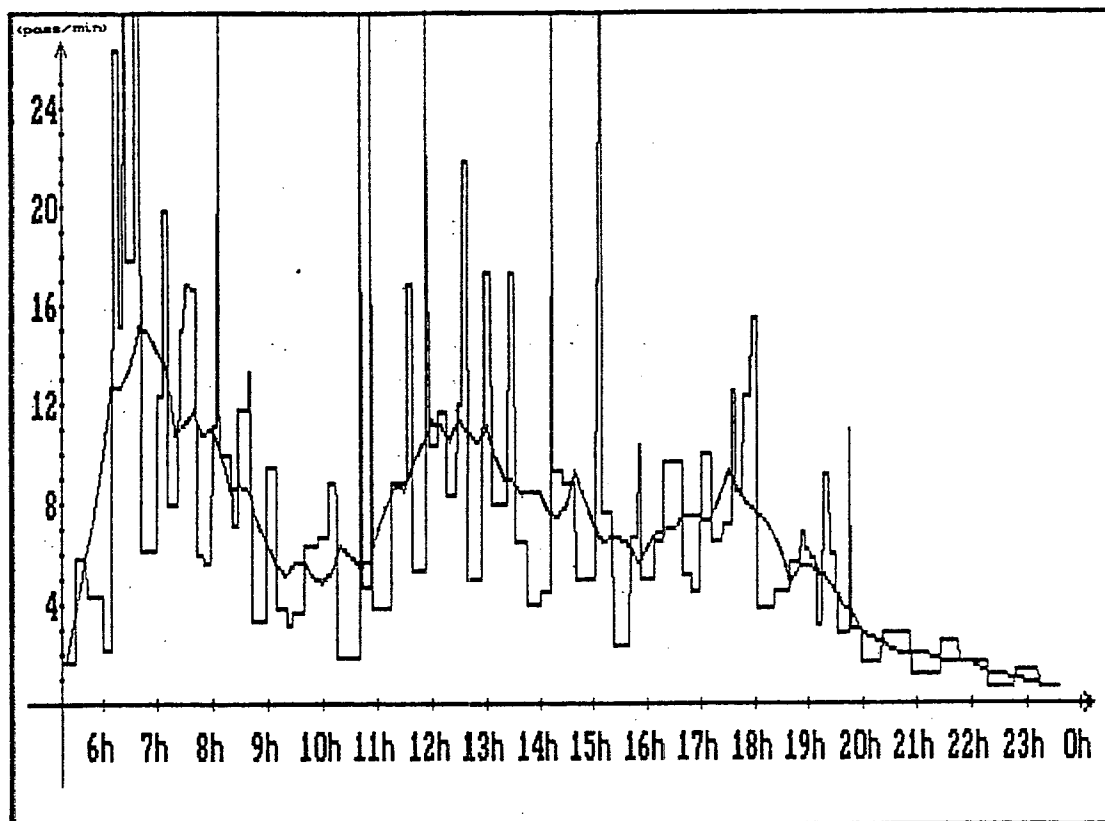


(a) Sentido Bairro-Centro

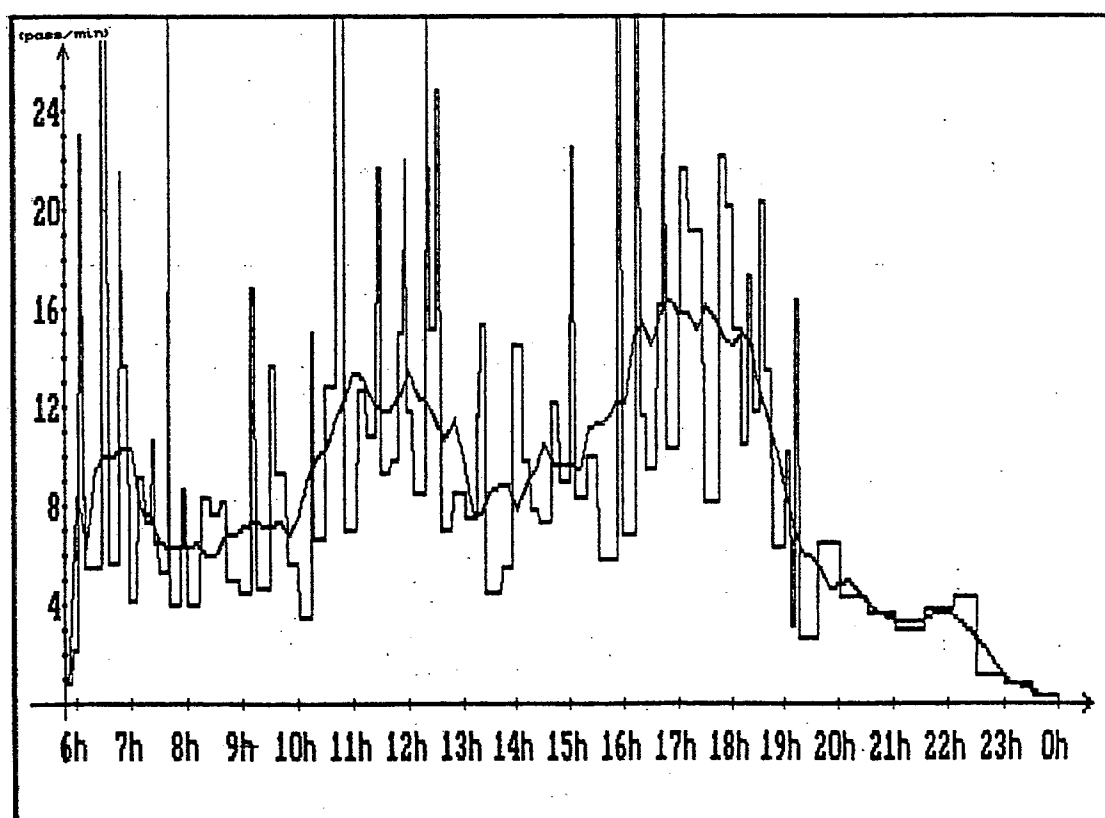


(b) Sentido Centro-Bairro

Figura A.2.1.19 - MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros (Linha Santo Amaro da Imperatriz, 1983)

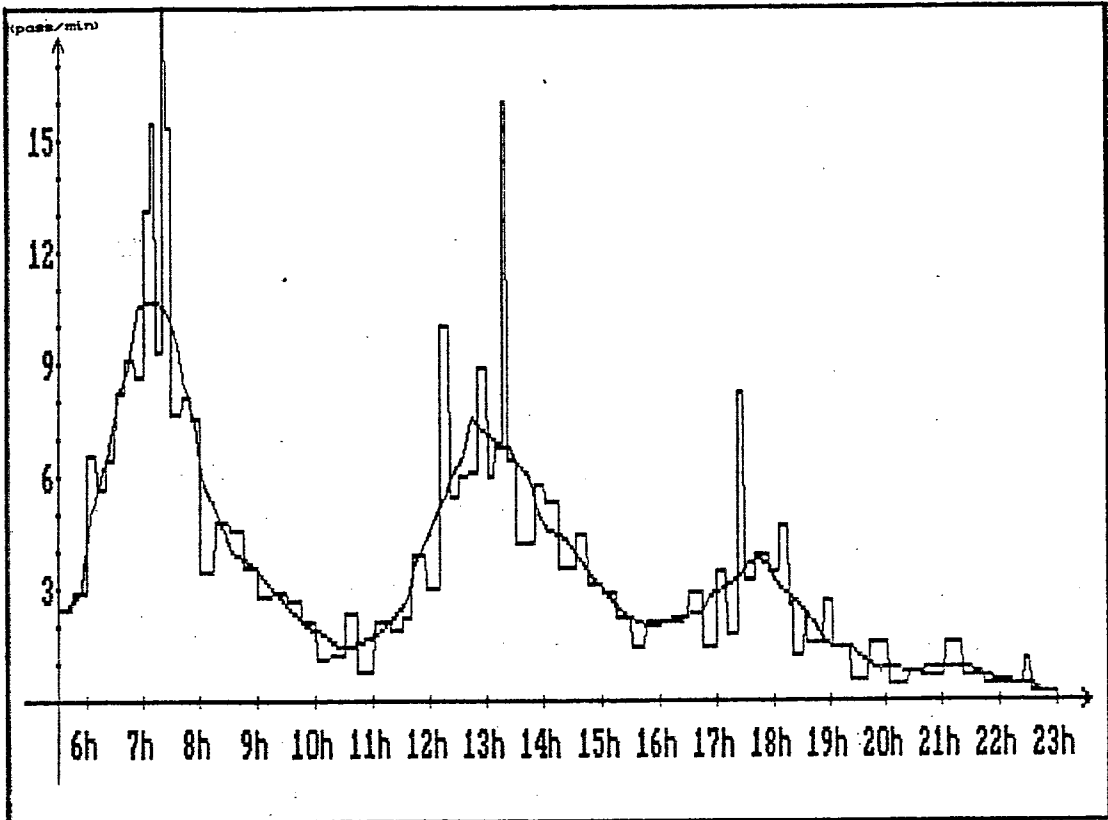


(a) Sentido Luizote-Umuarama

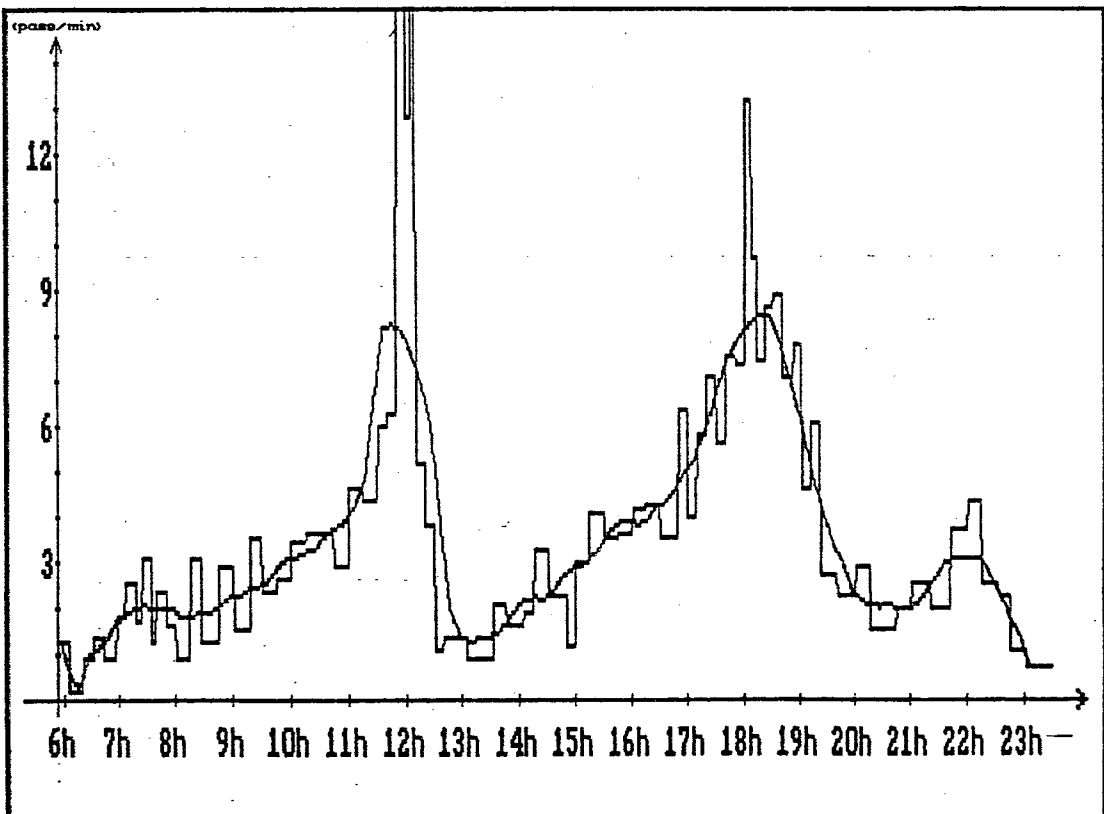


(b) Sentido Umuarama-Luizote

Figura A.2.1.20 - MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros (Linha Umuarama-Luizote, 1989)



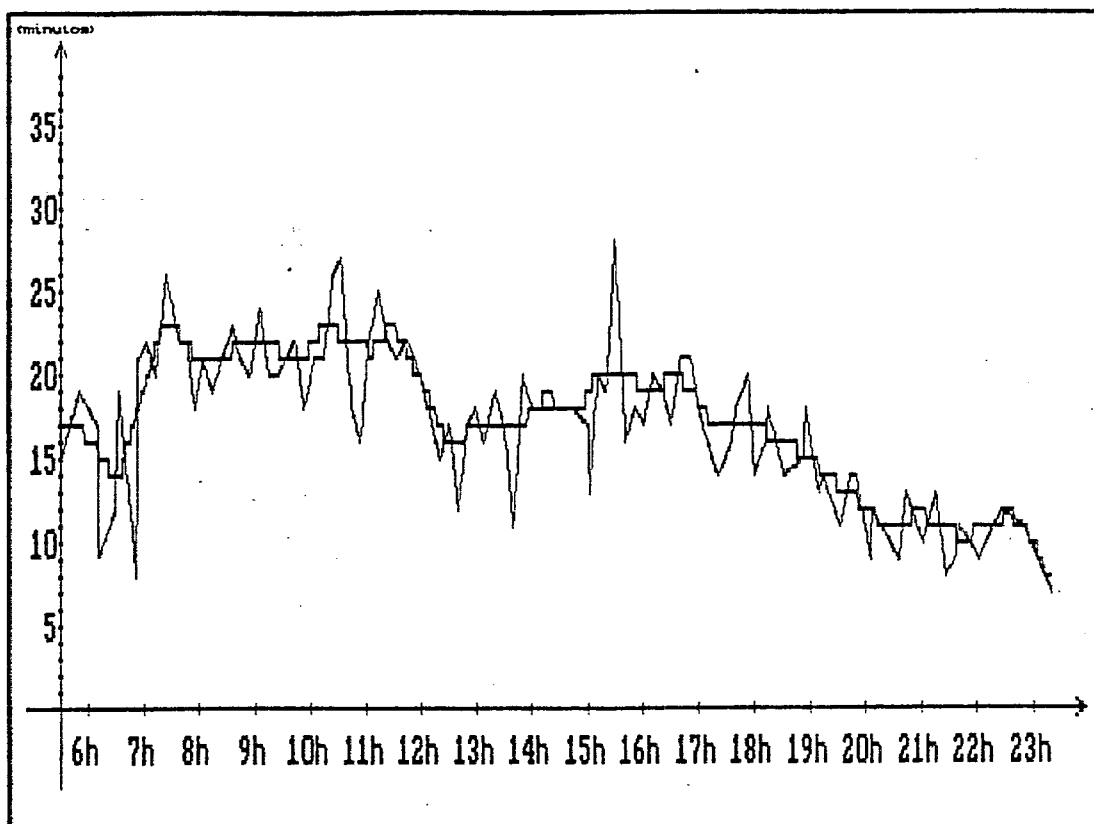
(a) Sentido Bairro-Centro



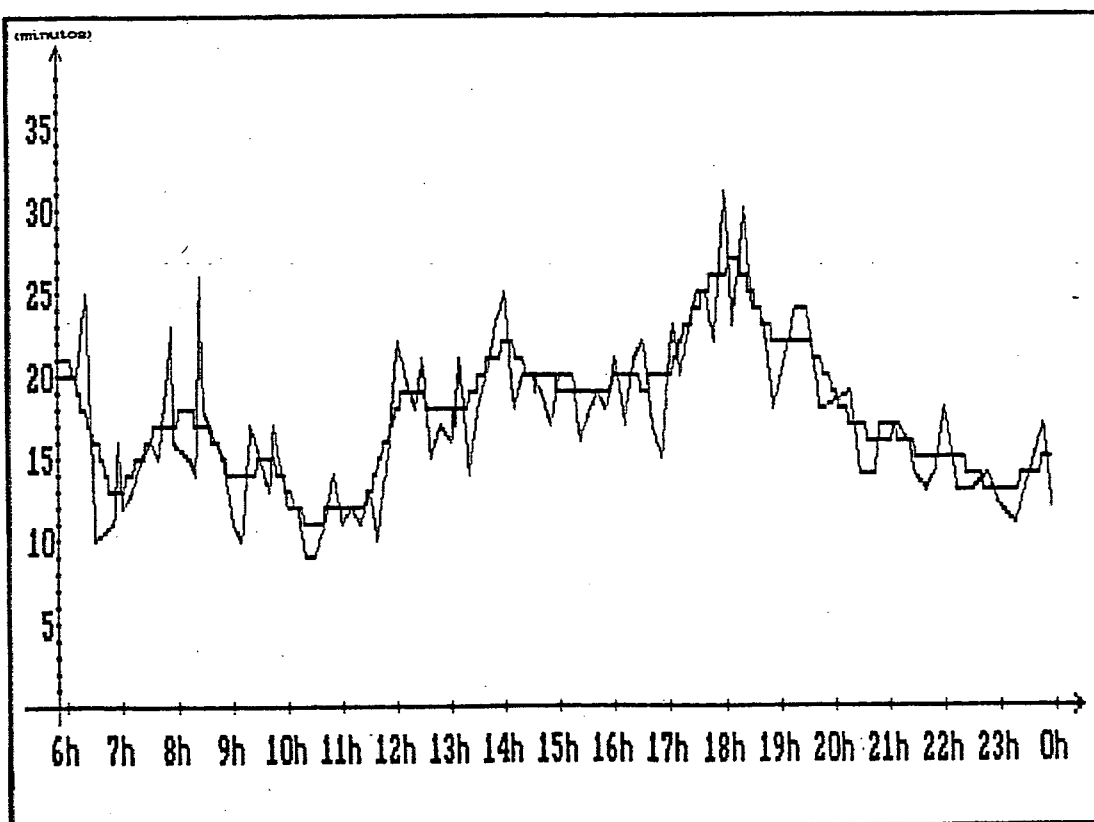
(b) Sentido Centro-Bairro

Figura A.2.1.21 - MDV - Estimativas da Distribuição do Fluxo de Passageiros (Linha Vila São João, 1983)

A.2.2 - DISTRIBUIÇÕES DO TEMPO DE VIAGEM

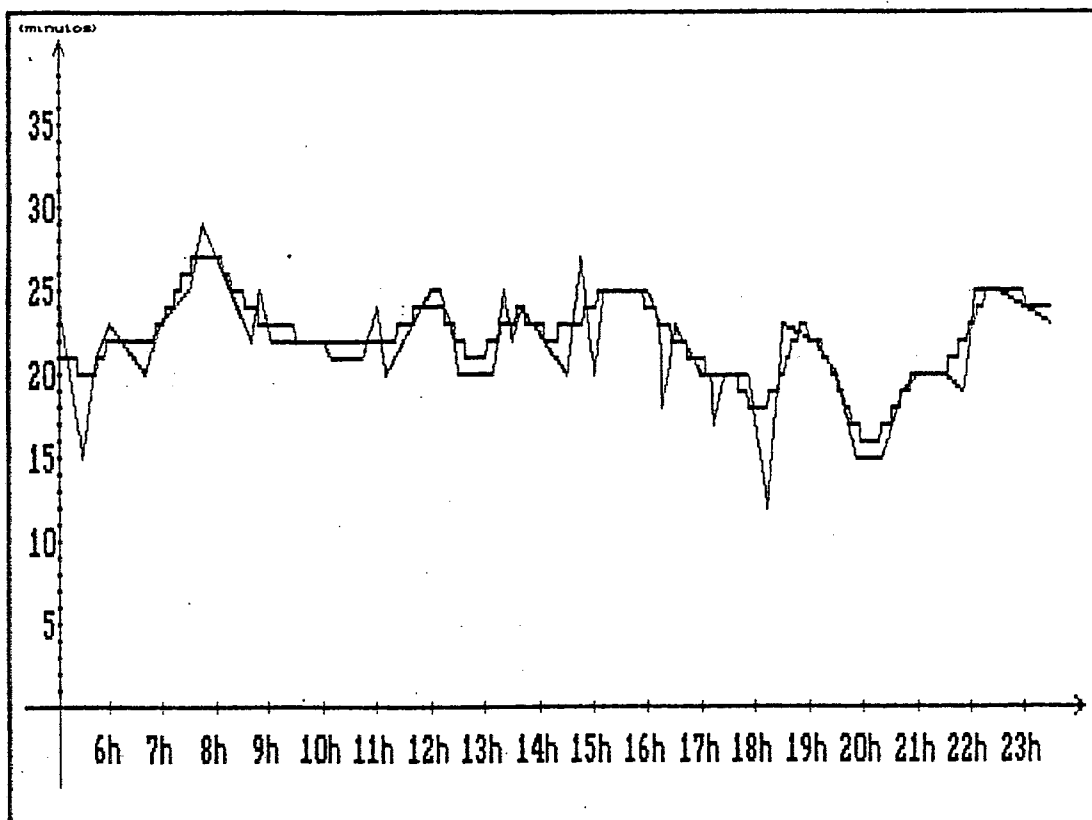


(a) Sentido Bairro-Centro

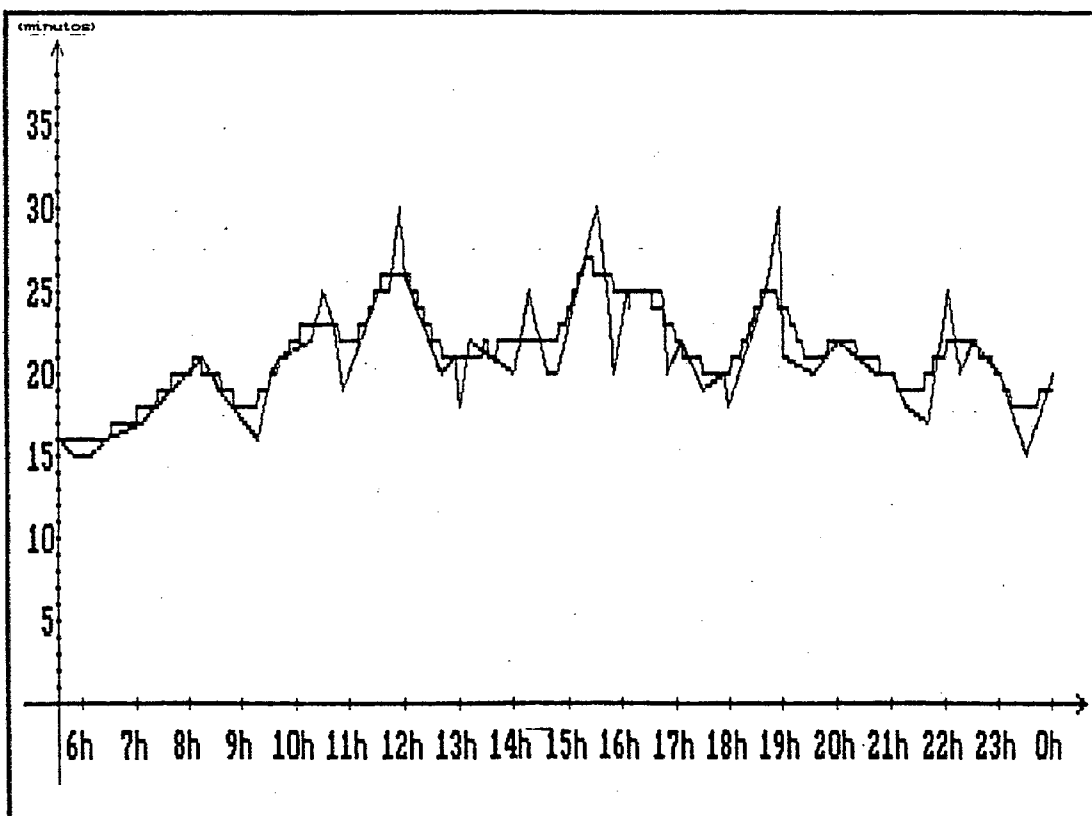


(b) Sentido Centro-Bairro

Figura A.2.2.1 - MDV - Estimativas da Distribuição do Tempo de Viagem (Linha Agrônômica, 1984)

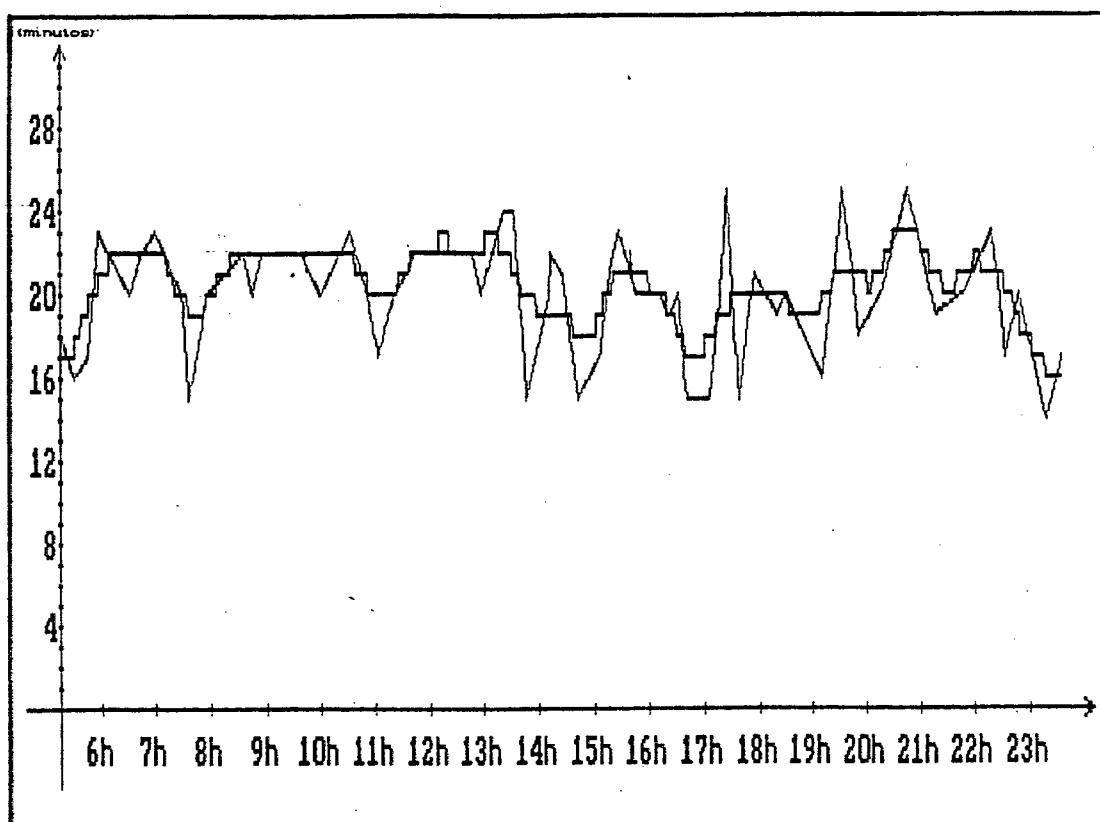


(a) Sentido Bairro-Centro

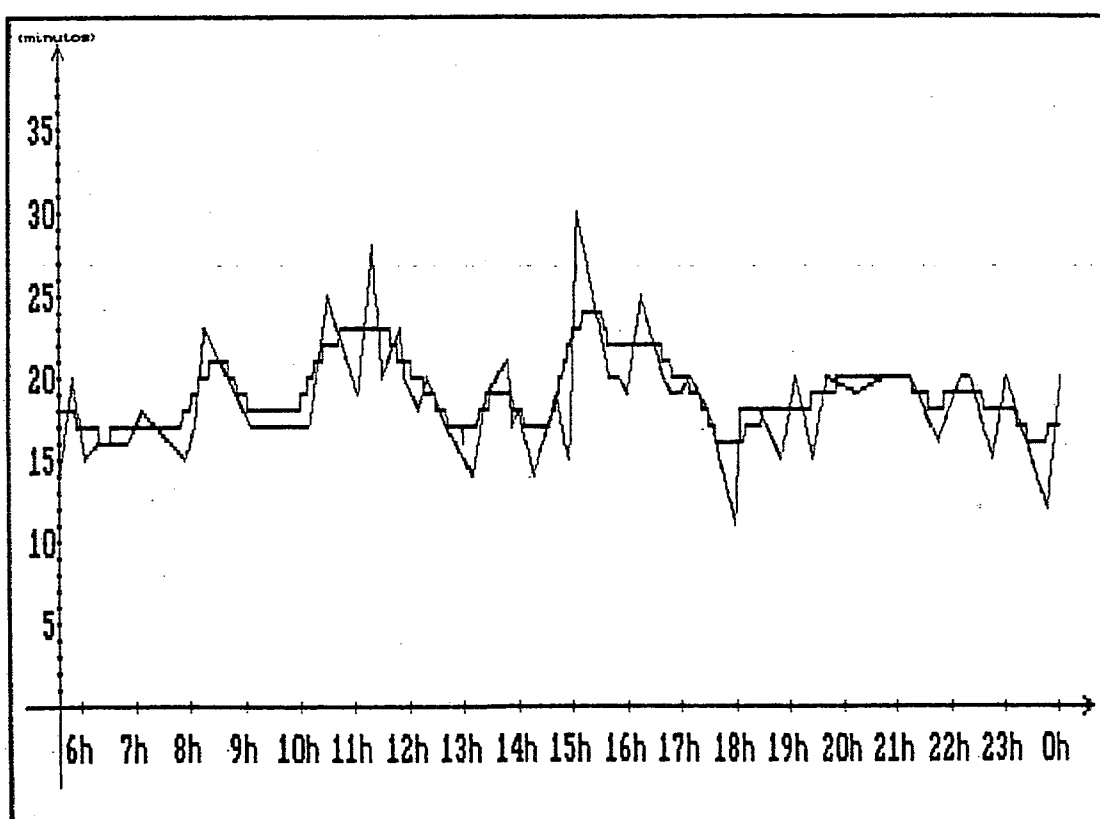


(b) Sentido Centro-Bairro

Figura A.2.2.2 - MDV - Estimativas da Distribuição do Tempo de Viagem (Linha Barreiros, 1983)



(a) Sentido Bairro-Centro



(b) Sentido Centro-Bairro

Figura A.2.2.3 - MDV - Estimativas da Distribuição do Tempo de Viagem (Linha Capoeiras, 1983)

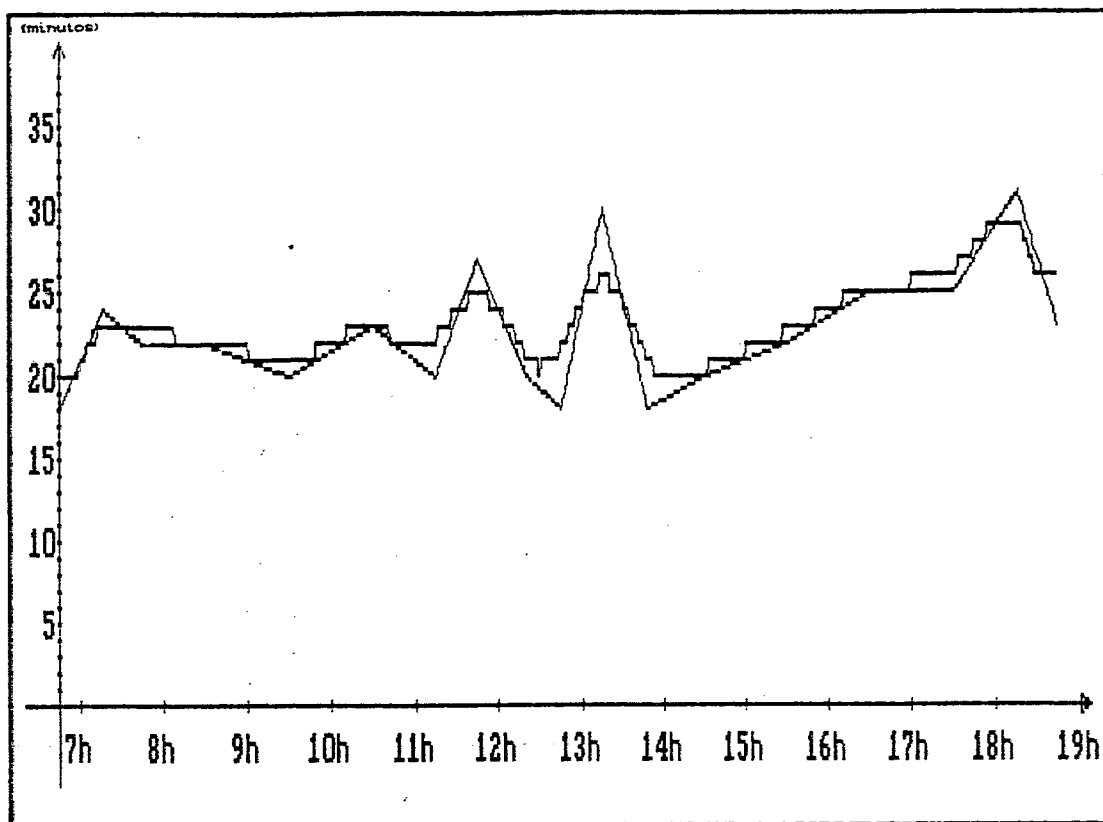


Figura A.2.2.4 - MDV - Estimativas da Distribuição do Tempo de Viagem (Linha Circular 108, 1984)

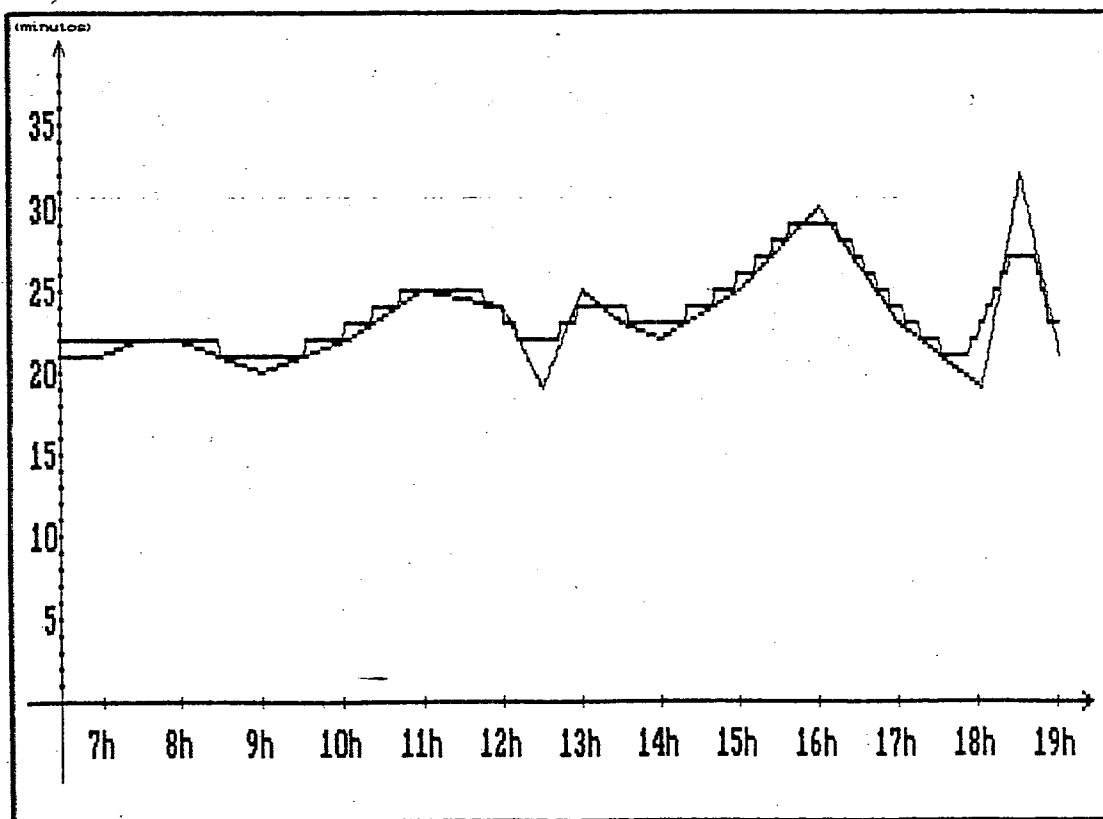


Figura A.2.2.5 - MDV - Estimativas da Distribuição do Tempo de Viagem (Linha Circular 109, 1984)

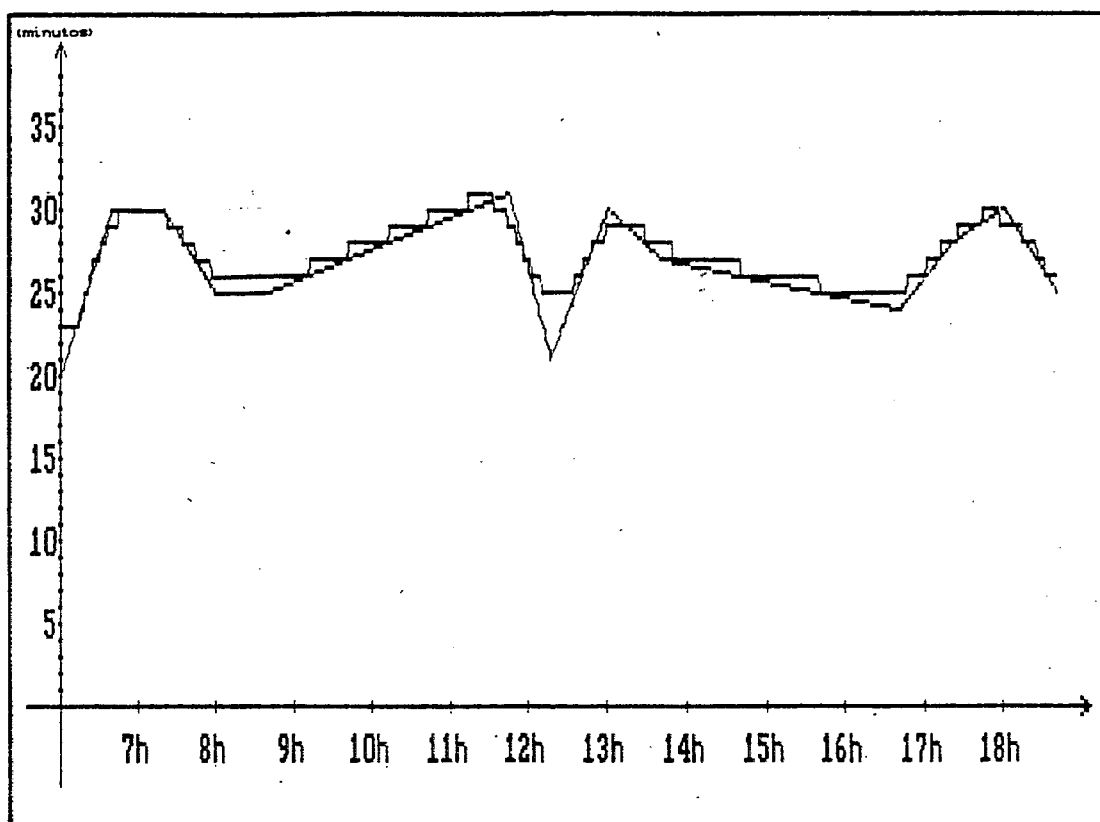


Figura A.2.2.6 - MDV - Estimativas da Distribuição do Tempo de Viagem (Linha Circular 121, 1983)

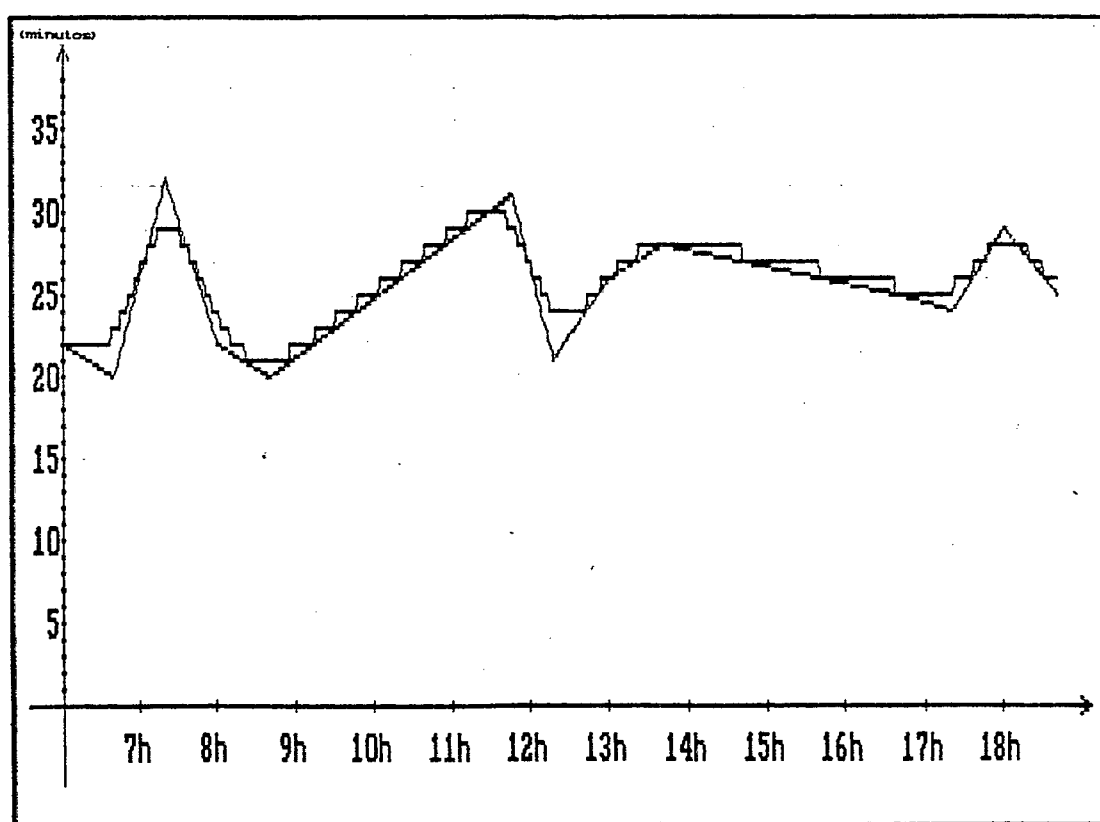


Figura A.2.2.7 - MDV - Estimativas da Distribuição do Tempo de Viagem (Linha Circular 122, 1983)

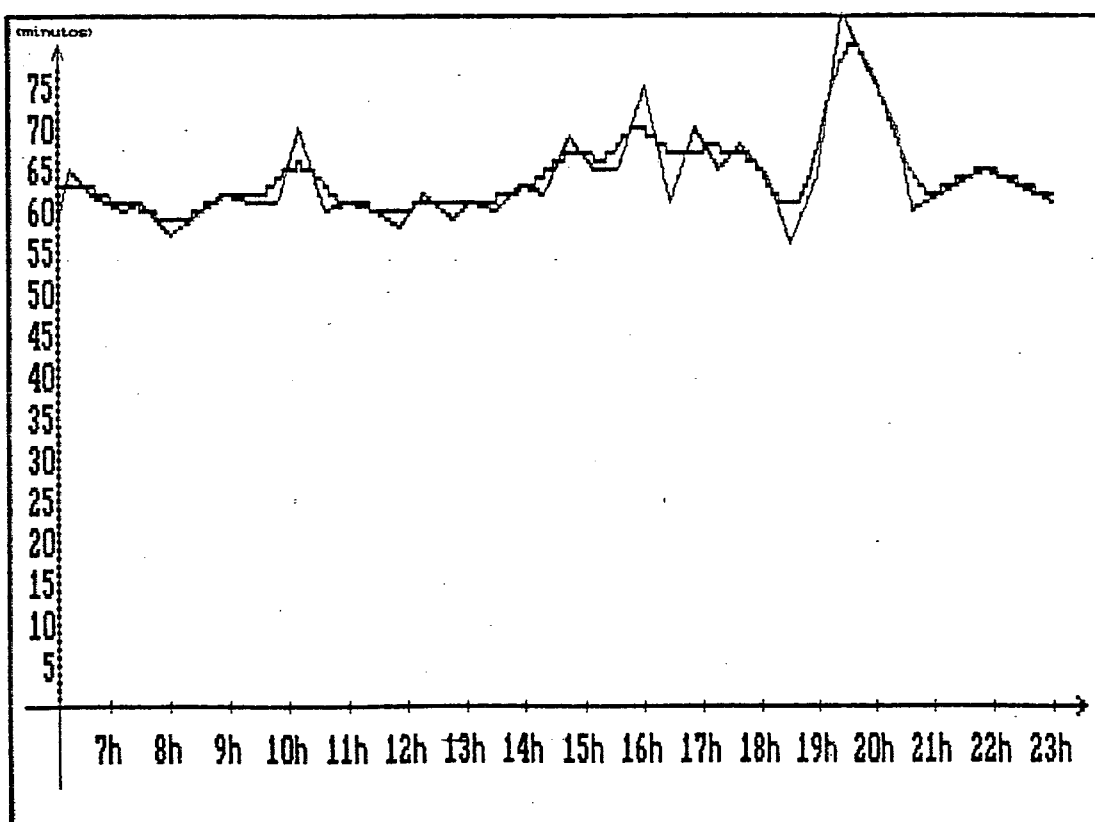
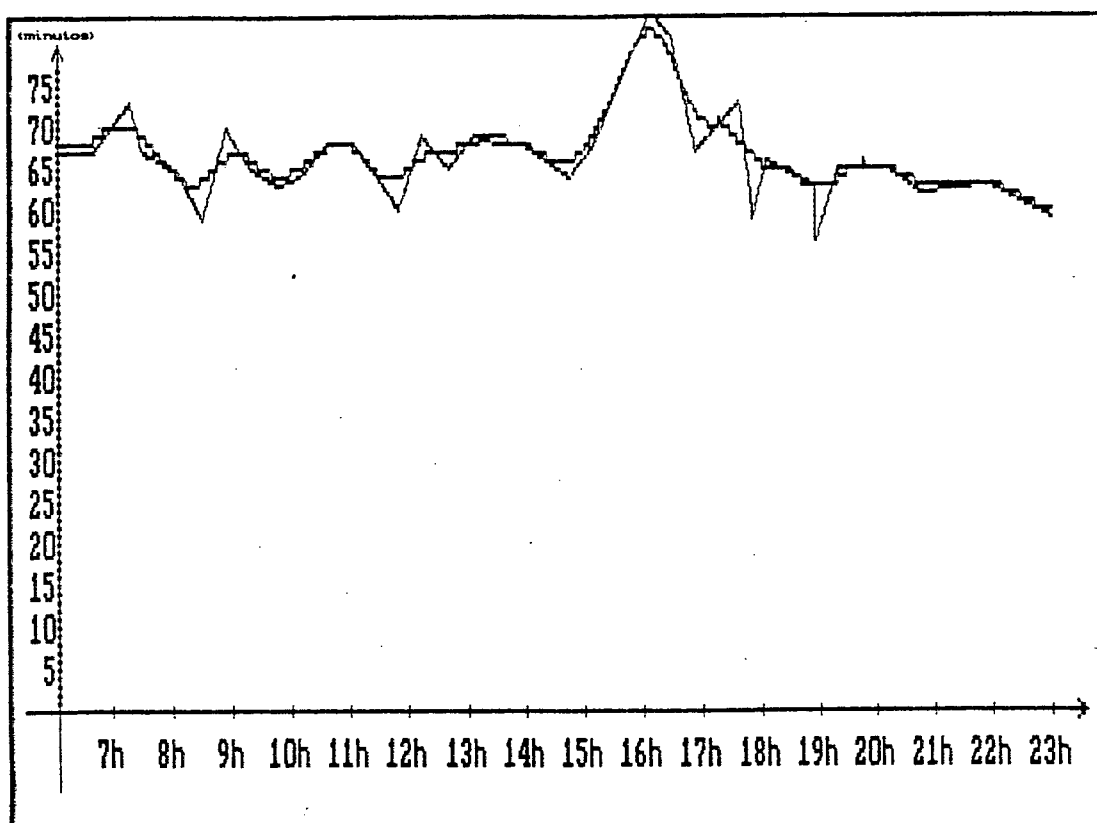
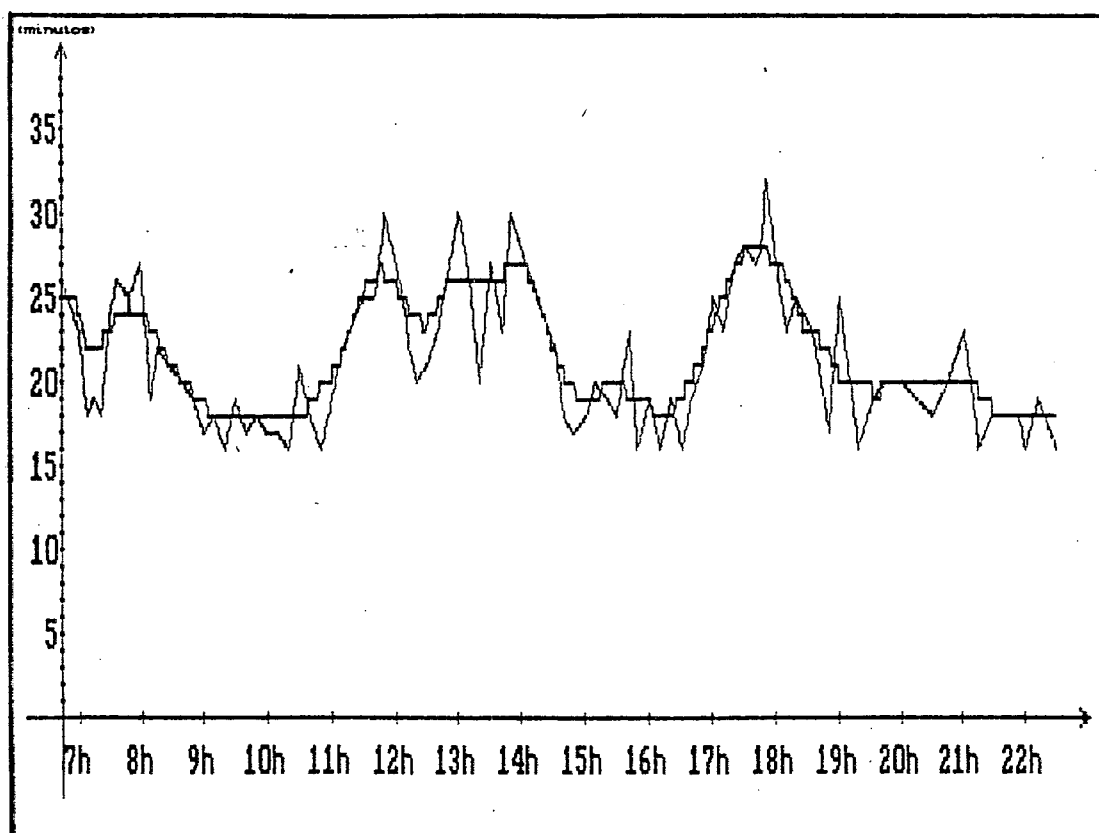
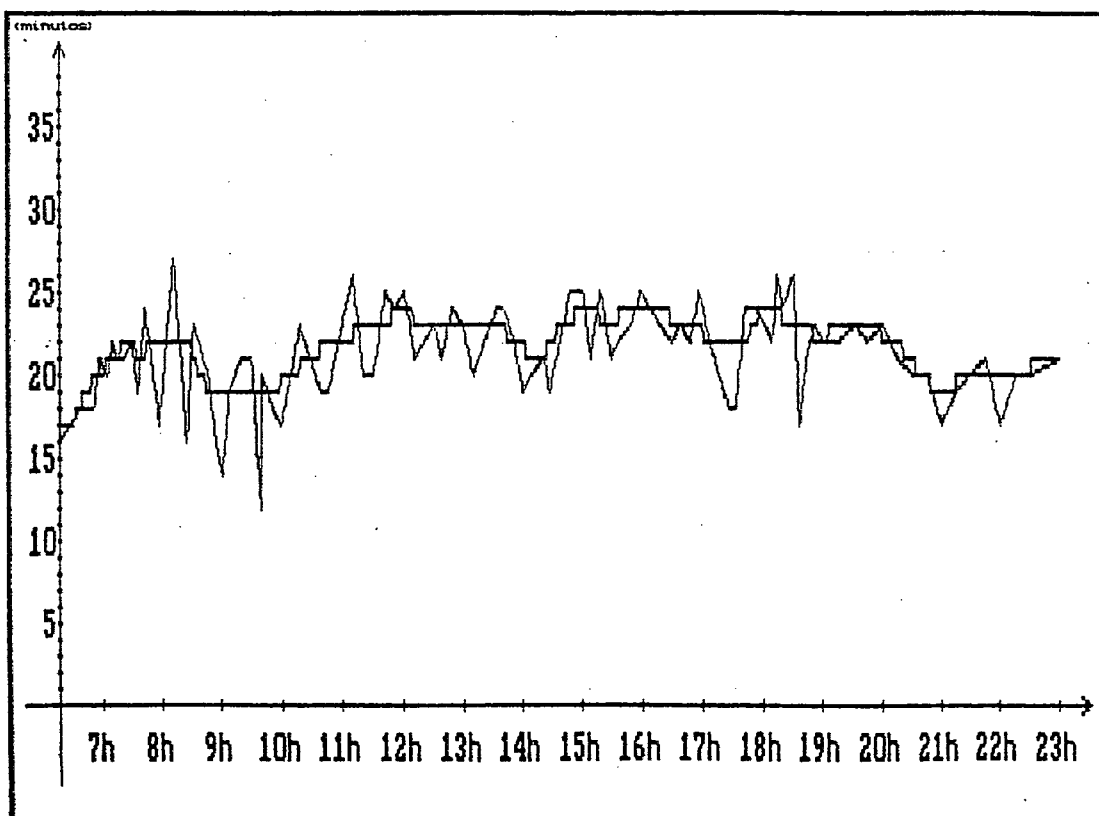


Figura A.2.2.8 - MDV - Estimativas da Distribuição do Tempo de Viagem (Linha Cruzeiro)

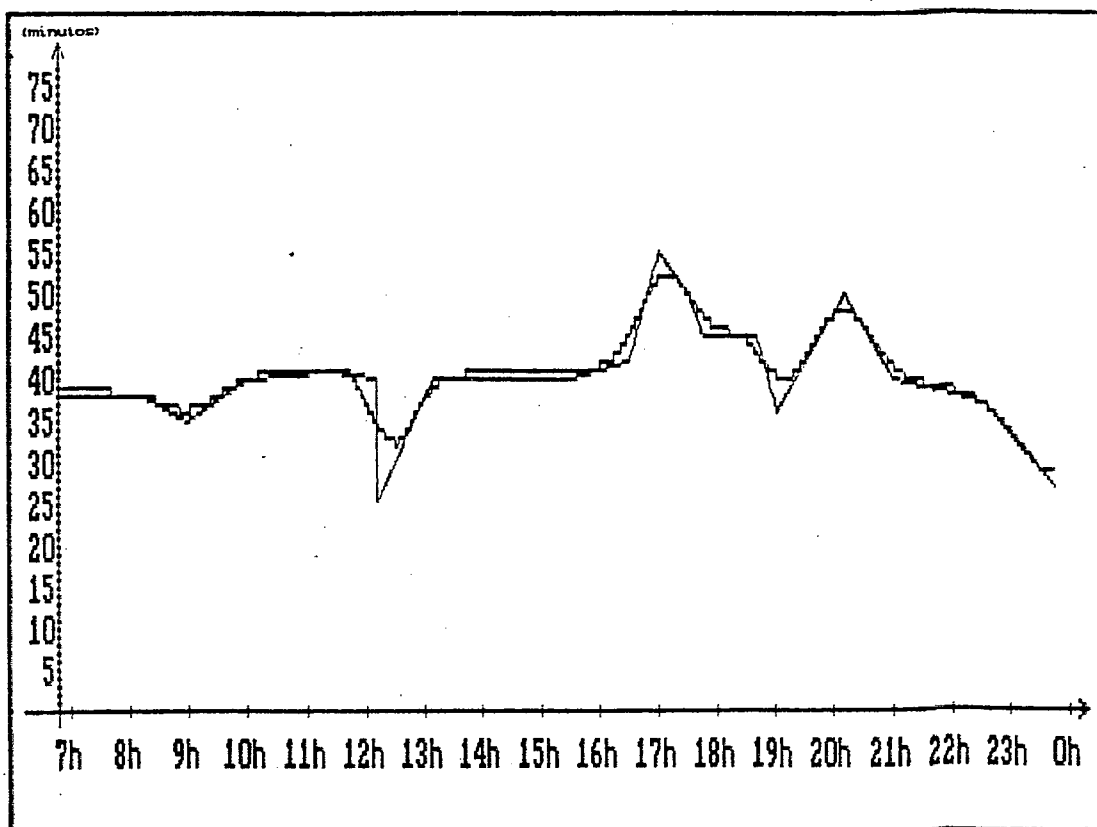


(a) Sentido Bairro-Centro

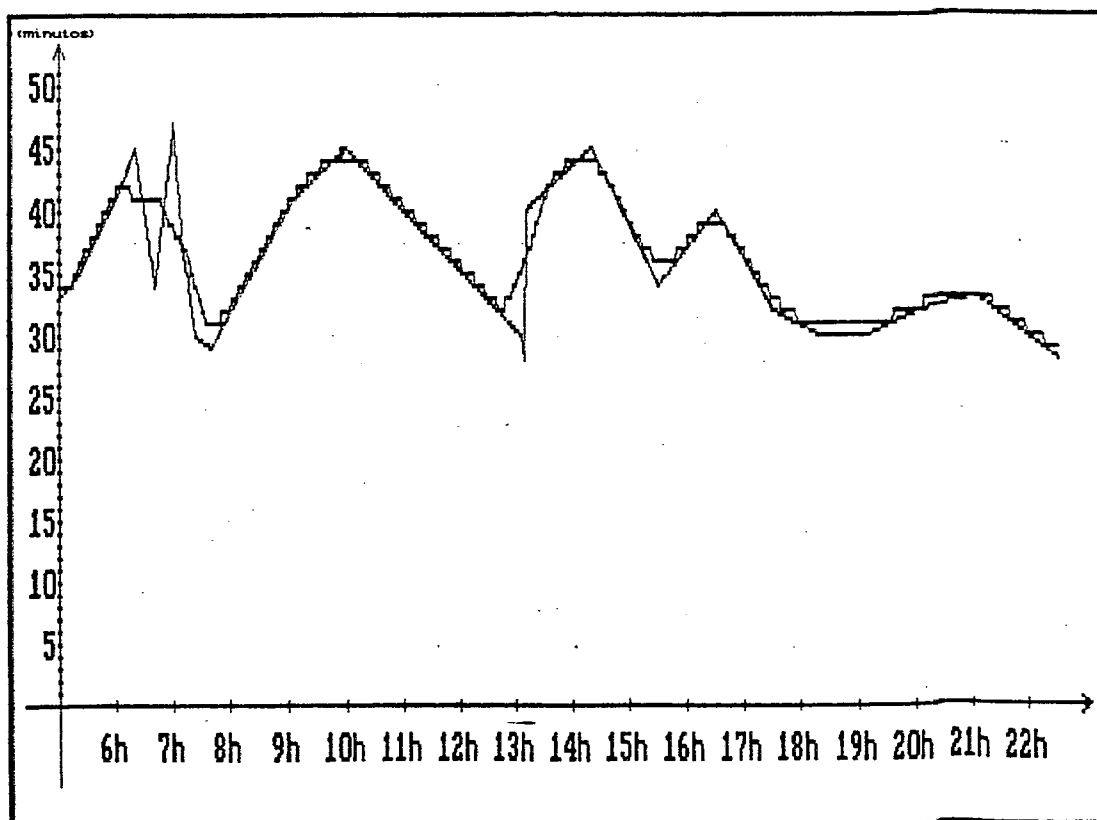


(b) Sentido Centro-Bairro

Figura A.2.2.9 - MDV - Estimativas da Distribuição do Tempo de Viagem (Linha Expresso UFSC, 1984)

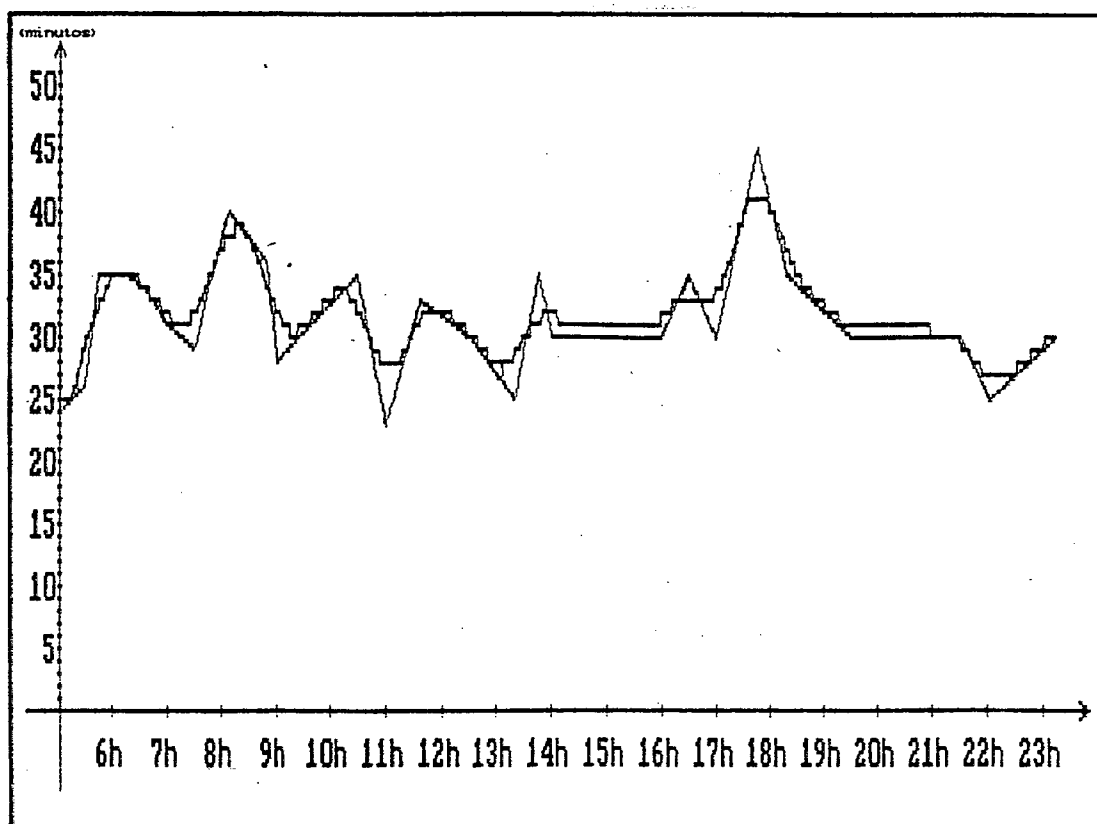


(a) Sentido Bairro-Centro

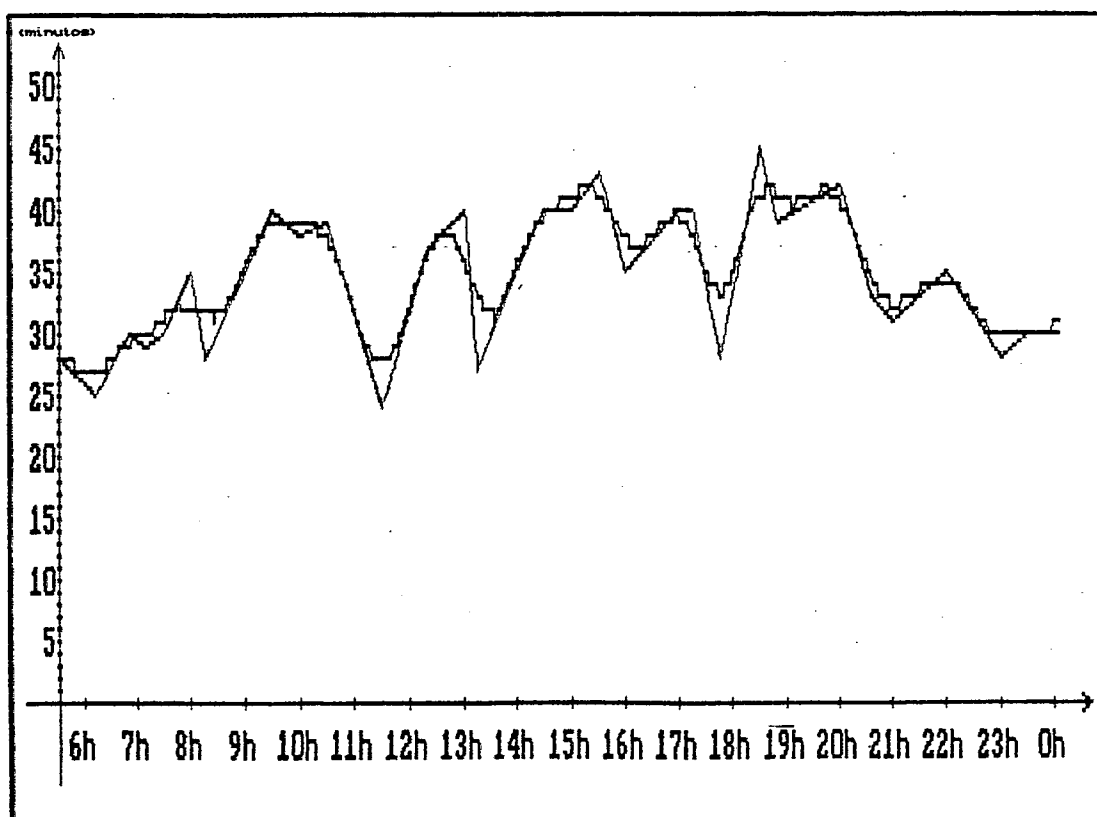


(b) Sentido Centro-Bairro

Figura A.2.2.10 - MDV - Estimativas da Distribuição do Tempo de Viagem (Linha Jardim Eldorado, 1983)

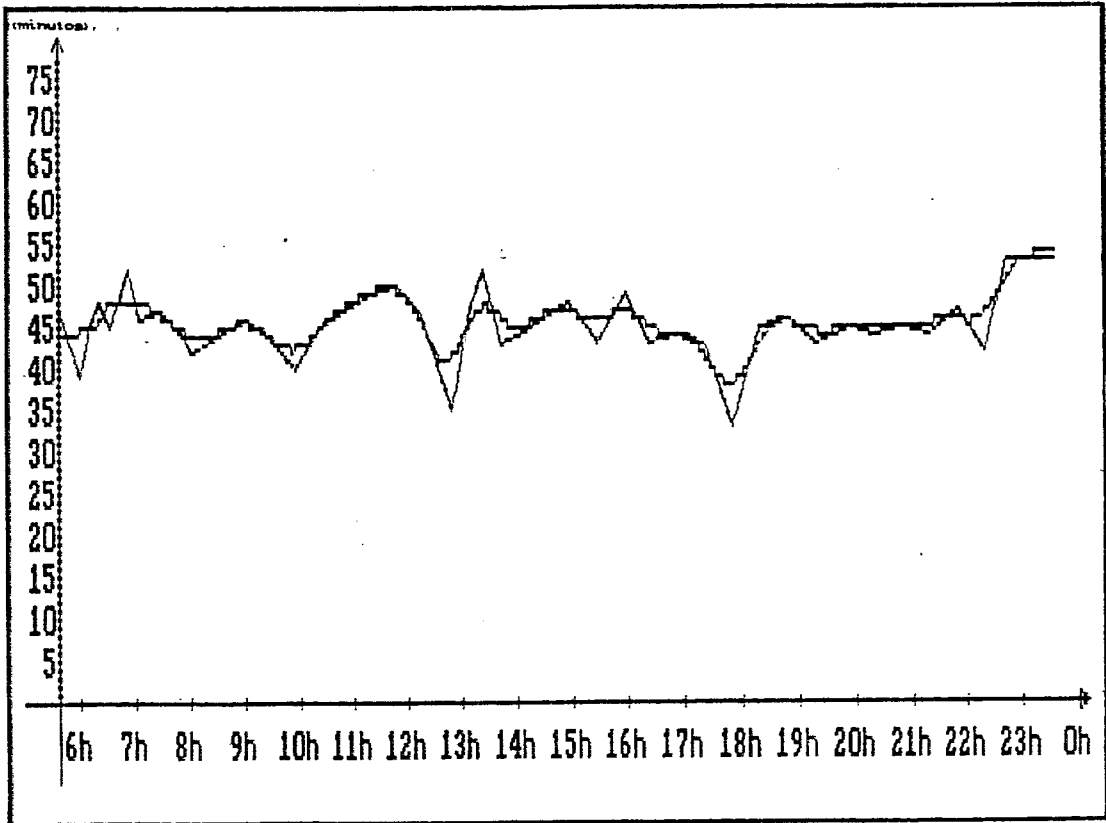


(a) Sentido Bairro-Centro

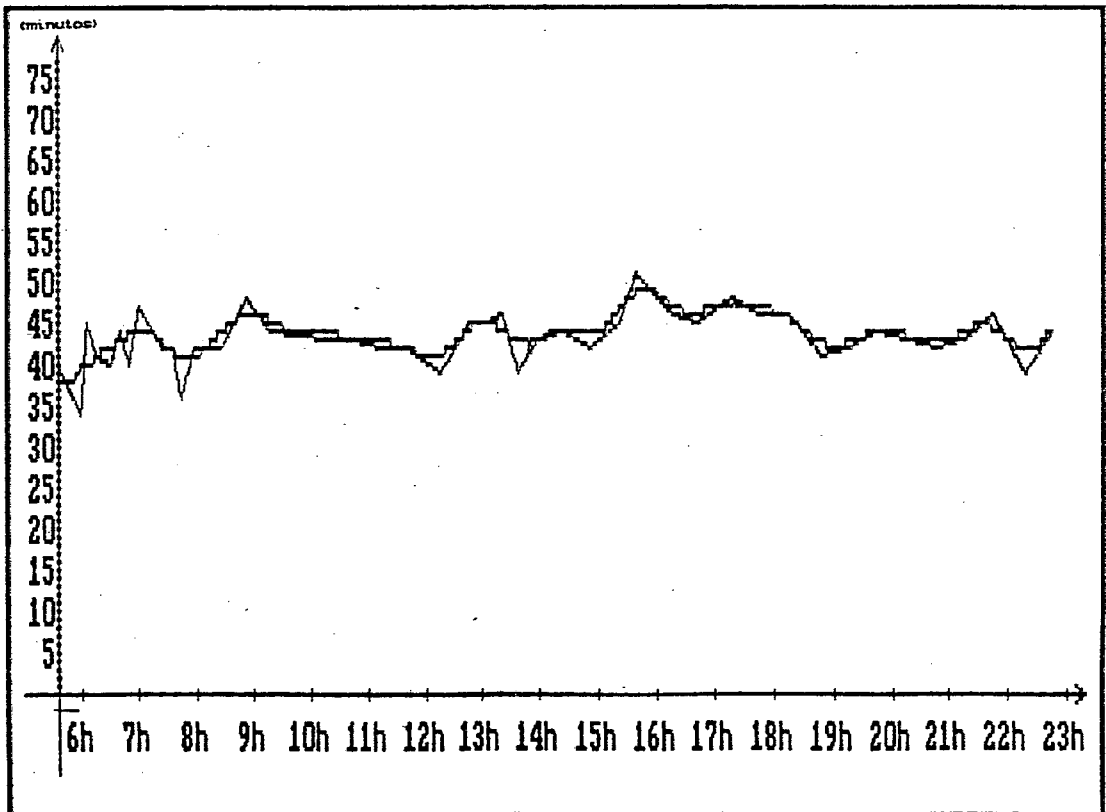


(b) Sentido Centro-Bairro

Figura A.2.2.11 - MDV - Estimativas da Distribuição do Tempo de Viagem (Linha Palhoça, 1983)



(a) 1988



(b) 1989

Figura A.2.2.12 - MDV - Estimativas da Distribuição do Tempo de Viagem (Linha Rodoviária-Tubalina)

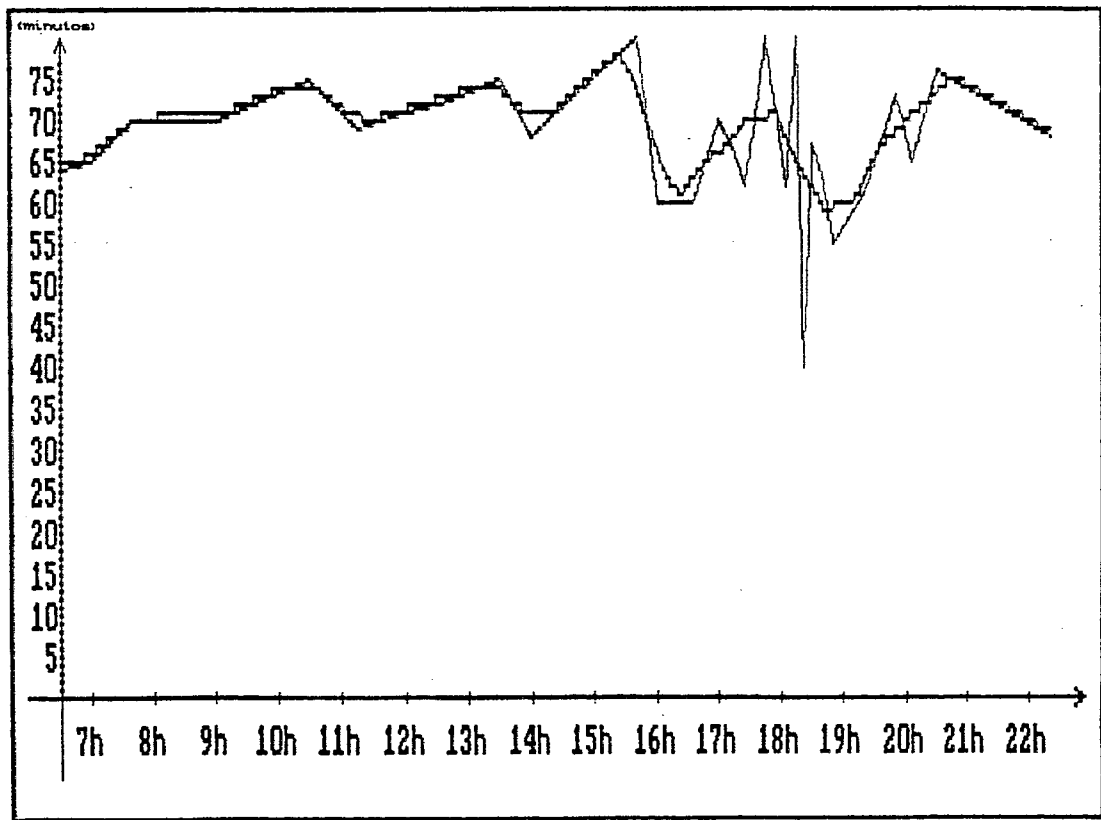
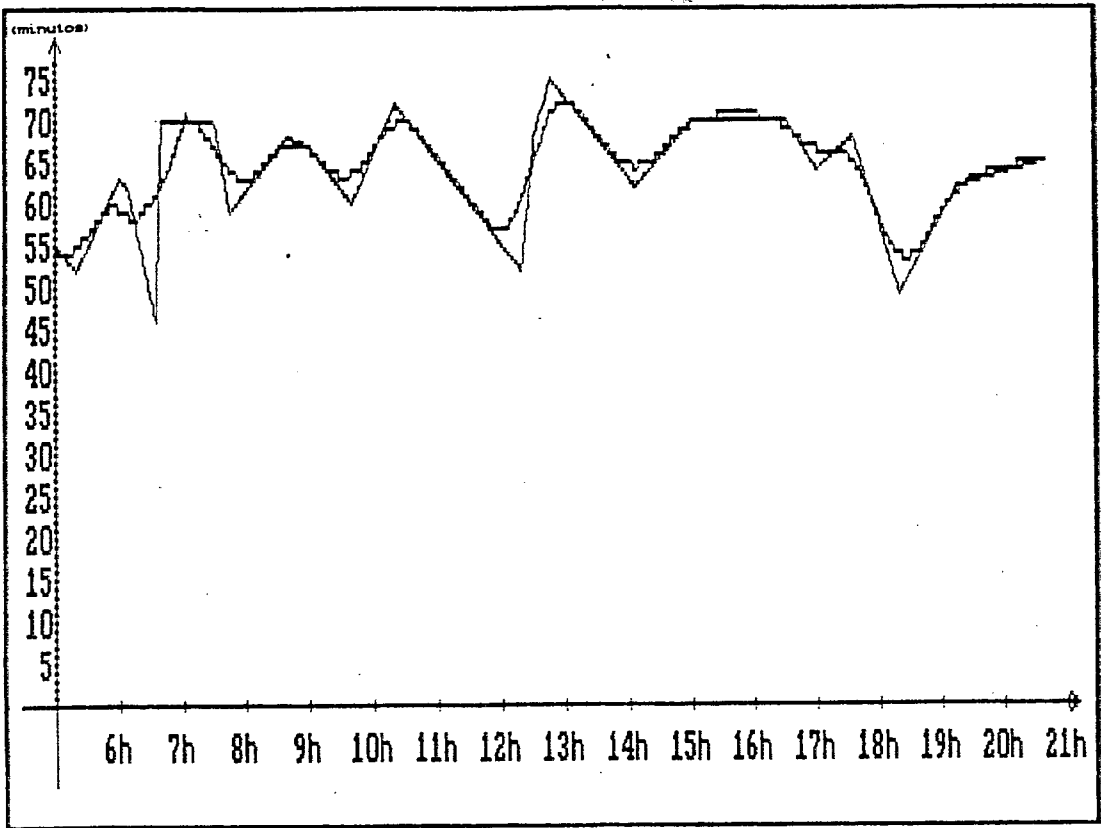
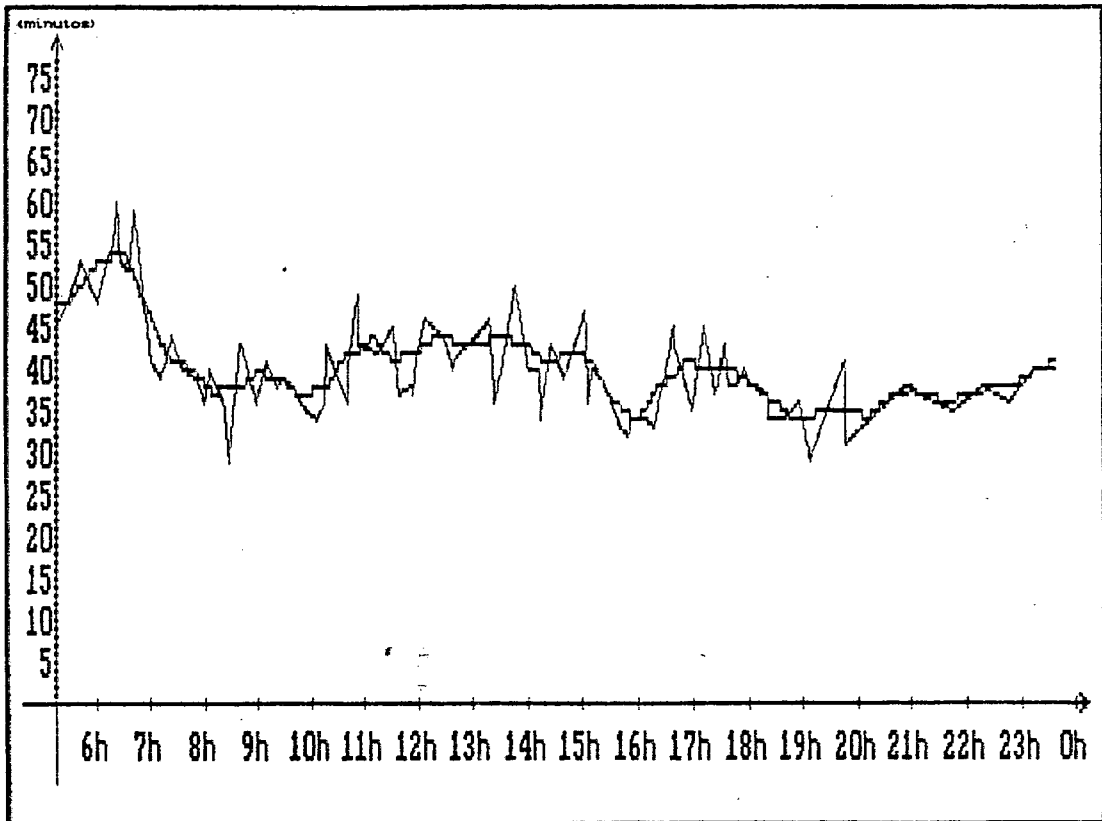
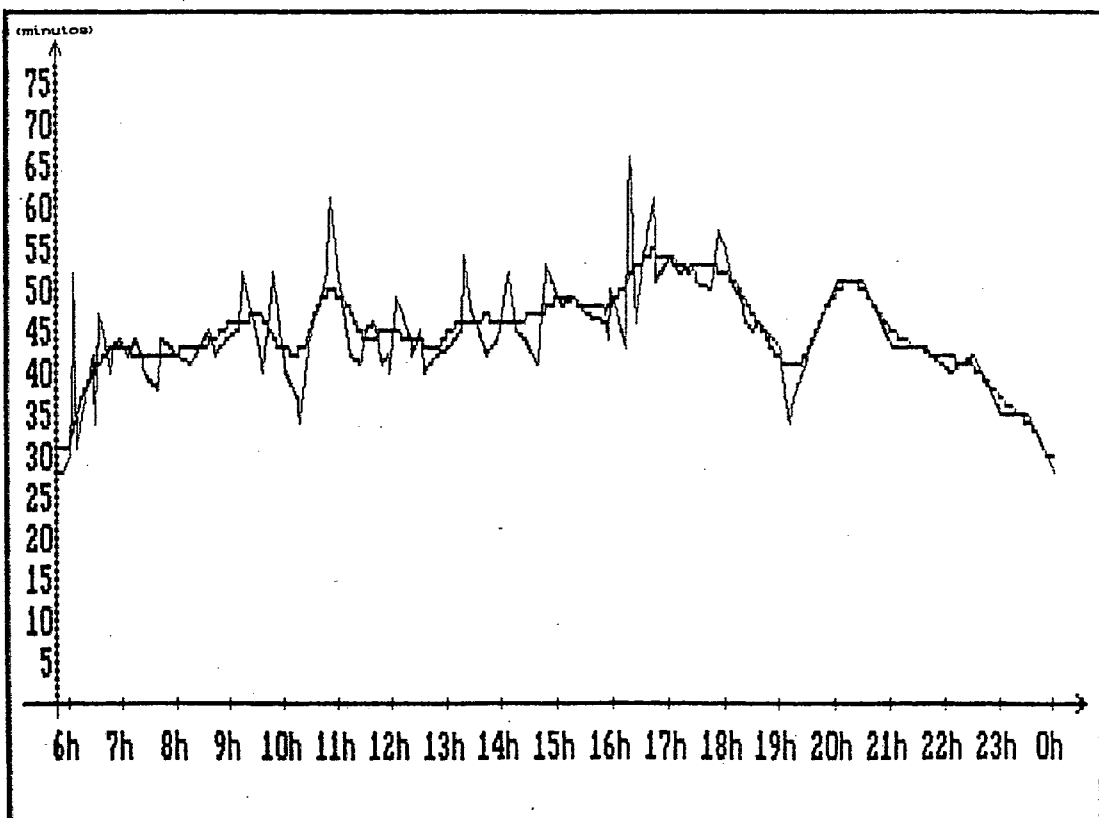


Figura A.2.2.13 - MDV - Estimativas da Distribuição do Tempo de Viagem (Linha Santo Amaro da Imperatriz, 1983)

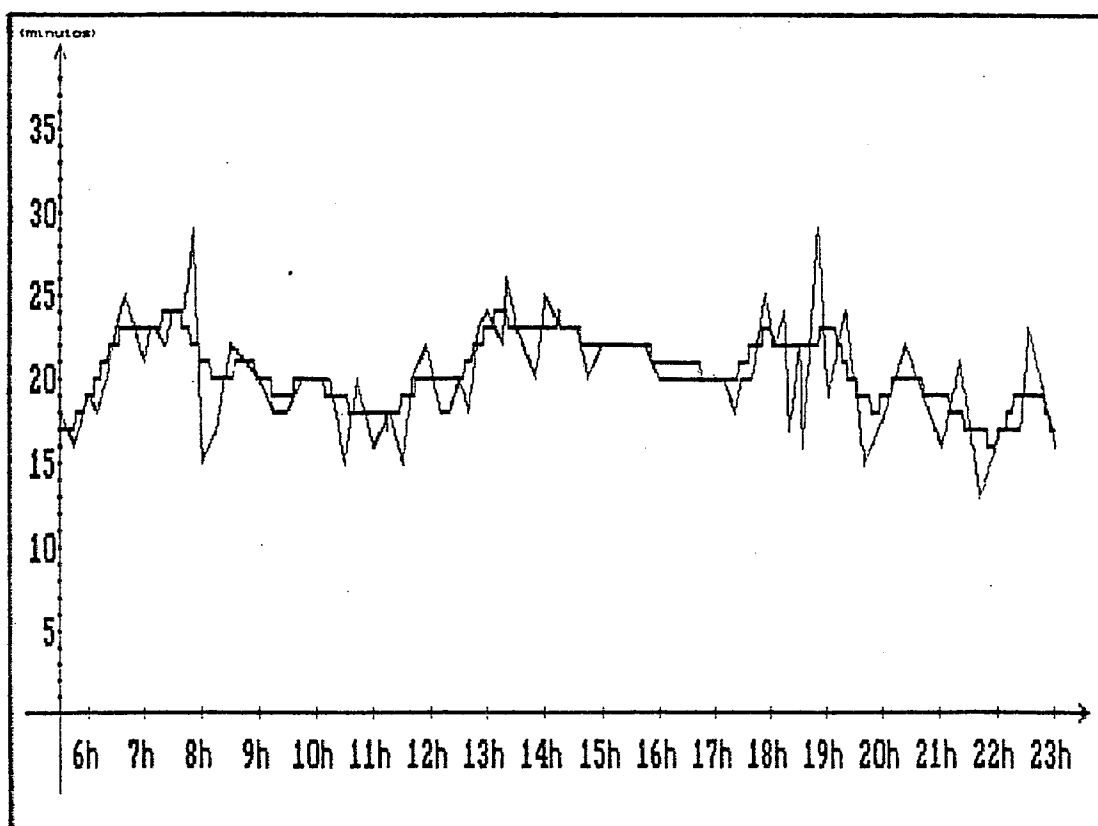


(a) Sentido Luizote-Umuarama

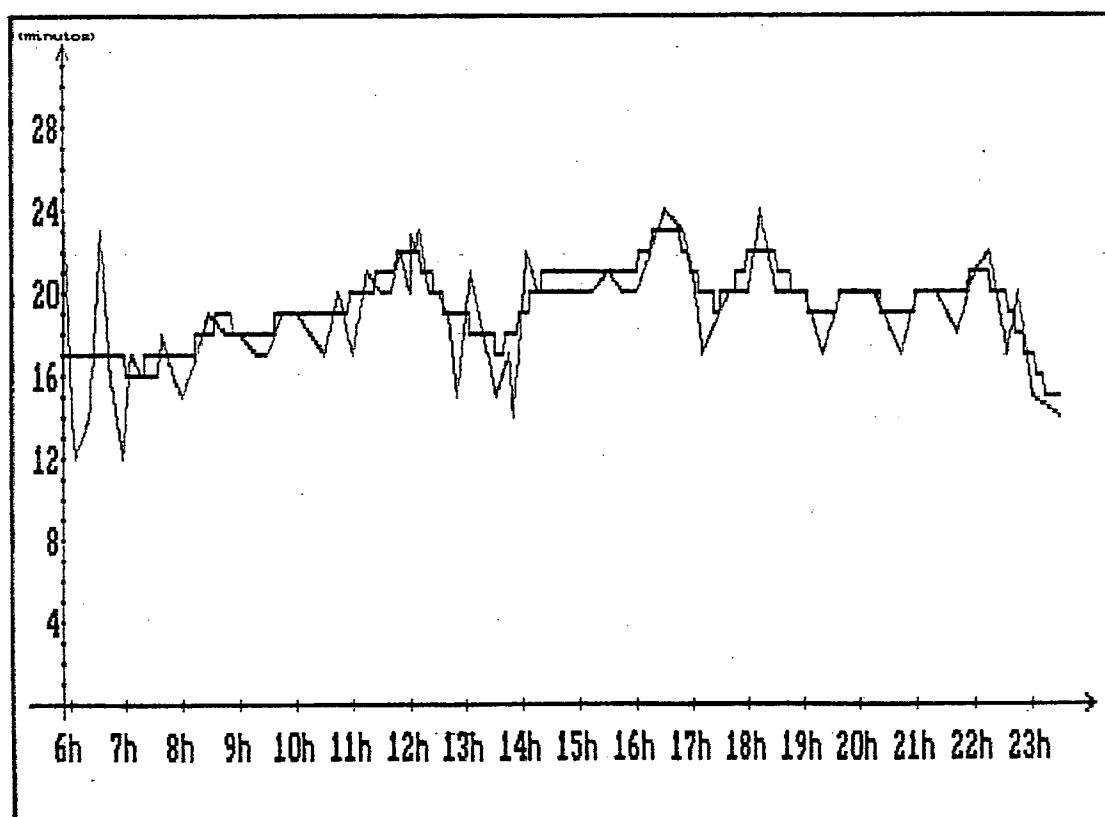


(b) Sentido Umuarama-Luizote

Figura A.2.2.14 - MDV - Estimativas da Distribuição do Tempo de Viagem (Linha Umuarama-Luizote, 1989)



(a) Sentido Bairro-Centro



(b) Sentido Centro-Bairro

Figura A.2.2.15 - MDV - Estimativas da Distribuição do Tempo de Viagem (Linha Vila São João, 1983)

ANEXO 3 - INFORMAÇÕES SOBRE A OFERTA E A DEMANDA
DAS LINHAS ABRAÃO E ITAGUAÇU

Número da Viagem	Abrão-Centro	Centro-Abrão	Número da Viagem	Abrão-Centro	Centro-Abrão	Número da Viagem	Abrão-Centro	Centro-Abrão
1	5h 30min	5h 50min	49	12h 20min	12h 30min	96	17h 40min	17h 35min
2	5h 50min	6h 5min	50	12h 25min	12h 35min	97	17h 45min	17h 40min
3	6h 10min	6h 20min	51	12h 30min	12h 40min	98	17h 50min	17h 45min
4	6h 20min	6h 30min	52	12h 35min	12h 45min	99	17h 55min	17h 50min
5	6h 30min	6h 40min	53	12h 40min	12h 50min	100	18h	17h 55min
6	6h 40min	6h 50min	54	12h 45min	12h 55min	101	18h 5min	18h
7	6h 50min	7h 10min	55	12h 50min	13h	102	18h 10min	18h 5min
8	6h 55min	7h 20min	56	12h 55min	13h 10min	103	18h 15min	18h 15min
9	7h 10min	7h 30min	57	13h	13h 15min	104	18h 20min	18h 20min
10	7h 20min	7h 37min	58	13h 5min	13h 20min	105	18h 25min	18h 25min
11	7h 30min	7h 45min	59	13h 10min	13h 25min	106	18h 30min	18h 30min
12	7h 37min	7h 52min	60	13h 15min	13h 30min	107	18h 35min	18h 35min
13	7h 45min	8h	61	13h 20min	13h 35min	108	18h 40min	18h 35min
14	7h 52min	8h 7min	62	13h 25min	13h 40min	109	18h 45min	18h 40min
15	8h	8h 15min	63	13h 30min	13h 45min	110	18h 50min	18h 45min
16	8h 7min	8h 22min	64	13h 35min	13h 50min	111	18h 55min	18h 50min
17	8h 15min	8h 30min	65	13h 40min	13h 55min	112	19h	18h 55min
18	8h 22min	8h 37min	66	13h 45min	14h	113	19h 5min	19h
19	8h 30min	8h 45min	67	13h 50min	14h 7min	114	19h 10min	19h 10min
20	8h 37min	8h 52min	68	14h	14h 14min	115	19h 20min	19h 20min
21	8h 45min	9h	69	14h 7min	14h 21min	116	19h 30min	19h 30min
22	8h 52min	9h 10min	70	14h 14min	14h 28min	117	19h 40min	19h 40min
23	9h	9h 20min	71	14h 21min	14h 35min	118	19h 50min	19h 50min
24	9h 10min	9h 30min	72	14h 28min	14h 42min	119	20h	20h
25	9h 20min	9h 40min	73	14h 35min	14h 50min	120	20h 10min	20h 10min
26	9h 30min	9h 50min	74	14h 42min	15h	121	20h 20min	20h 20min
27	9h 40min	10h	75	14h 50min	15h 10min	122	20h 30min	20h 30min
28	9h 50min	10h 10min	76	15h	15h 20min	123	20h 40min	20h 40min
29	10h	10h 20min	77	15h 10min	15h 30min	124	20h 50min	20h 50min
30	10h 10min	10h 30min	78	15h 20min	15h 40min	125	21h	21h
31	10h 20min	10h 40min	79	15h 30min	15h 50min	126	21h 10min	21h 10min
32	10h 30min	10h 50min	80	15h 40min	16h	127	21h 20min	21h 20min
33	10h 40min	11h	81	15h 50min	16h 10min	128	21h 30min	21h 30min
34	10h 50min	11h 7min	82	16h	16h 20min	129	21h 40min	21h 40min
35	11h	11h 15min	83	16h 10min	16h 30min	130	21h 50min	21h 50min
36	11h 7min	11h 22min	84	16h 20min	16h 35min	131	22h	22h
37	11h 15min	11h 30min	85	16h 30min	16h 40min	132	22h 10min	22h 10min
38	11h 22min	11h 37min	86	16h 40min	16h 45min	133	22h 20min	22h 20min
39	11h 30min	11h 45min	87	16h 50min	16h 55min	134	22h 30min	22h 30min
40	11h 37min	11h 50min	88	17h	17h 5min	135	22h 40min	22h 40min
41	11h 45min	11h 55min	89	17h 5min	17h 10min	136	22h 50min	22h 50min
42	11h 55min	12h	90	17h 10min	17h 15min	137	23h	23h
43	12h	12h 5min	91	17h 15min	17h 20min	138	23h 15min	23h 15min
44	12h 5min	12h 10min	92	17h 20min	17h 25min	139	23h 30min	23h 30min
45	12h 10min	12h 15min	93	17h 25min	17h 30min	140	23h 35min	23h 35min
46	12h 15min	12h 20min	94	17h 30min	17h 35min	141	0h	0h
47	12h 20min	12h 25min	95	17h 35min	17h 40min			

Fonte: Núcleo de Transportes da PM Florianópolis

Quadro A.3.1 - Quadro de Horários Oficial da Linha Abrão (25 de Junho de 1991)

Número da Viagem	Itaguaçu-Centro	Centro-Itaguaçu
1	7h	7h 15min
2	7h 7min	7h 22min
3	7h 15min	7h 30min
4	7h 22min	7h 37min
5	7h 30min	7h 45min
6	7h 37min	7h 52min
7	7h 45min	8h
8	7h 52min	12h 37min
9	8h	13h
10	8h 15min	13h 22min
11	12h 52min	13h 30min
12	13h	13h 37min
13	13h 7min	13h 45min
14	13h 15min	13h 52min
15	13h 22min	14h
16	13h 30min	
17	13h 37min	
18	13h 45min	
19	13h 52min	
20	14h	
21	14h 15min	

Fonte: Núcleo de Transportes da PM Florianópolis

Quadro A.3.2 - Quadro de Horários Oficial da Linha Itaguaçu
(25 de Junho de 1991)

Número da Viagem	Abraão-Centro			Centro-Abraão		
1	5h	30min	11pass	5h	50min	5pass
2	5h	42min	7pass	6h	6min	4pass
3	5h	50min	7pass	6h	21min	12pass
4	6h	4min	23pass	6h	31min	14pass
5	6h	12min	10pass	6h	41min	22pass
6	6h	21min	37pass	6h	51min	27pass
7	6h	30min	46pass	7h	2min	31pass
8	6h	40min	61pass	7h	11min	44pass
9	6h	50min	56pass	7h	21min	32pass
10	6h	51min	50pass	7h	23min	2pass
11	6h	53min	28pass	7h	31min	3pass
12	7h		75pass	7h	31min	37pass
13	7h	1min	50pass	7h	38min	49pass
14	7h	8min	85pass	7h	45min	55pass
15	7h	15min	60pass	7h	46min	16pass
16	7h	18min	40pass	7h	53min	8pass
17	7h	22min	46pass	7h	53min	63pass
18	7h	30min	80pass	8h		55pass
19	7h	30min	66pass	8h		11pass
20	7h	38min	64pass	8h	8min	43pass
21	7h	44min	59pass	8h	16min	47pass
22	7h	47min	46pass	8h	23min	43pass
23	7h	49min	52pass	8h	31min	39pass
24	7h	51min	34pass	8h	39min	36pass
25	7h	55min	38pass	8h	46min	31pass
26	7h	59min	23pass	8h	53min	44pass
27	8h		57pass	9h		37pass
28	8h	8min	45pass	9h	11min	44pass
29	8h	10min	48pass	9h	22min	41pass
30	8h	15min	45pass	9h	31min	39pass
31	8h	29min	56pass	9h	42min	60pass
32	8h	31min	50pass	9h	51min	52pass
33	8h	39min	71pass	10h		49pass
34	8h	46min	61pass	10h	10min	34pass
35	8h	54min	43pass	10h	21min	56pass
36	9h	1min	52pass	10h	30min	41pass
37	9h	11min	72pass	10h	40min	70pass
38	9h	20min	56pass	10h	41min	65pass
39	9h	30min	41pass	11h		51pass
40	9h	40min	51pass	11h	8min	47pass

Número da Viagem	Abraão-Centro			Centro-Abraão		
41	9h	50min	47pass	11h	15min	51pass
42	10h		52pass	11h	22min	52pass
43	10h	11min	42pass	11h	30min	68pass
44	10h	20min	46pass	11h	37min	82pass
45	10h	30min	40pass	11h	45min	118pass
46	10h	41min	54pass	11h	52min	77pass
47	10h	50min	24pass	11h	56min	90pass
48	11h	2min	36pass	12h		82pass
49	11h	8min	22pass	12h	6min	84pass
50	11h	15min	34pass	12h	11min	84pass
51	11h	23min	33pass	12h	15min	93pass
52	11h	30min	29pass	12h	20min	63pass
53	11h	38min	61pass	12h	26min	49pass
54	11h	45min	34pass	12h	30min	31pass
55	11h	53min	70pass	12h	35min	29pass
56	12h	1min	42pass	12h	38min	11pass
57	12h	9min	44pass	12h	41min	30pass
58	12h	14min	52pass	12h	47min	16pass
59	12h	20min	60pass	12h	50min	26pass
60	12h	25min	41pass	12h	56min	31pass
61	12h	30min	96pass	13h	1min	25pass
62	12h	38min	100pass	13h	7min	19pass
63	12h	44min	50pass	13h	10min	18pass
64	12h	47min	42pass	13h	15min	35pass
65	12h	50min	53pass	13h	21min	28pass
66	12h	50min	30pass	13h	26min	22pass
67	12h	55min	42pass	13h	30min	24pass
68	13h		73pass	13h	30min	5pass
69	13h	5min	47pass	13h	36min	28pass
70	13h	10min	48pass	13h	38min	9pass
71	13h	10min	37pass	13h	41min	32pass
72	13h	14min	41pass	13h	46min	45pass
73	13h	16min	35pass	13h	46min	1pass
74	13h	19min	42pass	13h	49min	25pass
75	13h	26min	79pass	13h	52min	9pass
76	13h	26min	36pass	13h	56min	29pass
77	13h	31min	52pass	13h	57min	23pass
78	13h	34min	54pass	14h	1min	2pass
79	13h	36min	7pass	14h	8min	27pass
80	13h	40min	58pass	14h	15min	26pass

(continua)

Quadro A.3.3 - Oferta e Demanda Efetivas da Linha Abraão Conjunta
(25 de Junho de 1991)

(conclusão)

Número da Viagem	Abraão-Centro			Centro-Abraão		
81	13h	44min	54pass	14h	23min	32pass
82	13h	47min	14pass	14h	30min	37pass
83	13h	50min	38pass	14h	30min	37pass
84	13h	53min	14pass	14h	45min	36pass
85	13h	56min	34pass	14h	53min	51pass
86	14h		34pass	15h		47pass
87	14h	5min	48pass	15h	22min	71pass
88	14h	8min	49pass	15h	32min	64pass
89	14h	17min	76pass	15h	43min	62pass
90	14h	22min	36pass	15h	50min	68pass
91	14h	30min	64pass	16h		70pass
92	14h	35min	31pass	16h	10min	60pass
93	14h	46min	20pass	16h	20min	65pass
94	14h	53min	46pass	16h	30min	82pass
95	15h		65pass	16h	35min	74pass
96	15h	11min	82pass	16h	40min	44pass
97	15h	20min	75pass	16h	45min	36pass
98	15h	30min	47pass	16h	50min	61pass
99	15h	40min	85pass	16h	56min	48pass
100	15h	50min	60pass	17h		30pass
101	16h		55pass	17h	5min	38pass
102	16h	11min	70pass	17h	10min	57pass
103	16h	20min	61pass	17h	16min	60pass
104	16h	30min	45pass	17h	21min	72pass
105	16h	40min	67pass	17h	25min	58pass
106	16h	50min	56pass	17h	31min	58pass
107	16h	56min	40pass	17h	36min	58pass
108	17h		26pass	17h	40min	65pass
109	17h	2min	11pass	17h	46min	81pass
110	17h	5min	54pass	17h	49min	64pass
111	17h	10min	44pass	17h	56min	91pass
112	17h	15min	37pass	18h		81pass
113	17h	18min	30pass	18h	5min	79pass
114	17h	23min	49pass	18h	9min	76pass
115	17h	30min	53pass	18h	15min	77pass
116	17h	35min	37pass	18h	20min	71pass
117	17h	40min	24pass	18h	30min	66pass
118	17h	44min	23pass	18h	35min	65pass
119	17h	49min	56pass	18h	36min	72pass
120	17h	56min	62pass	18h	40min	21pass

Número da Viagem	Abraão-Centro			Centro-Abraão		
121	18h		35pass	18h	46min	59pass
122	18h	7min	55pass	18h	51min	55pass
123	18h	12min	44pass	18h	55min	69pass
124	18h	15min	11pass	19h		39pass
125	18h	26min	75pass	19h	9min	72pass
126	18h	29min	15pass	19h	20min	85pass
127	18h	31min	10pass	19h	30min	74pass
128	18h	35min	31pass	19h	41min	71pass
129	18h	40min	32pass	19h	51min	58pass
130	18h	44min	22pass	20h		59pass
131	18h	55min	44pass	20h	10min	64pass
132	19h	1min	25pass	20h	21min	54pass
133	19h	13min	38pass	20h	31min	45pass
134	19h	16min	12pass	20h	44min	51pass
135	19h	21min	17pass	20h	50min	37pass
136	19h	26min	18pass	21h		55pass
137	19h	32min	15pass	21h	12min	30pass
138	19h	38min	29pass	21h	20min	39pass
139	19h	47min	51pass	21h	30min	30pass
140	19h	57min	34pass	21h	43min	47pass
141	20h	11min	25pass	21h	50min	41pass
142	20h	20min	27pass	22h	2min	61pass
143	20h	30min	30pass	22h	10min	49pass
144	20h	40min	12pass	22h	20min	55pass
145	20h	50min	21pass	22h	30min	29pass
146	20h	59min	15pass	22h	41min	21pass
147	21h	9min	12pass	22h	51min	12pass
148	21h	20min	30pass	23h		17pass
149	21h	29min	14pass	23h	15min	20pass
150	21h	40min	29pass	23h	30min	13pass
151	21h	50min	5pass	23h	45min	17pass
152	21h	53min	15pass	0h		5pass
153	22h	8min	18pass			
154	22h	18min	12pass			
155	22h	33min	17pass			
156	22h	41min	8pass			
157	22h	59min	21pass			
158	23h	19min	15pass			
159	23h	35min	8pass			

Quadro A.3.3 - Oferta e Demanda Efetivas da Linha Abraão Conjunta
(25 de Junho de 1991)

Lotação: sentados: 36 passageiros
em pé : 24 passageiros (2,97 pass/m²)
Total : 60 passageiros

Convenções:

N: Número de ordem da viagem
PTR: Estimativa de Passageiros Transportados
PTC: Estimativa de Passageiros no Trecho Crítico
TPV: Estimativa do Tempo de Viagem

N	Abraço				Centro			
	HORARIO	PTR	PTC	TPV	HORARIO	PTR	PTC	TPV
1	5h 30min	12	11	15	5h 50min	5	4	16
2	6h 3min	45	40	17	6h 34min	44	39	17
3	6h 17min	48	43	18	6h 41min	18	14	18
4	6h 26min	48	43	19	6h 50min	26	23	18
5	6h 33min	50	45	20	7h 3min	44	39	18
6	6h 39min	50	45	20	7h 6min	11	10	19
7	6h 45min	51	46	21	7h 14min	34	30	19
8	6h 50min	51	46	21	7h 17min	15	13	19
9	6h 55min	56	50	22	7h 23min	33	29	19
10	7h 5min	58	52	22	7h 31min	51	46	19
11	7h 10min	60	54	22	7h 36min	50	45	19
12	7h 14min	63	56	23	7h 45min	53	47	19
13	7h 18min	64	57	23	7h 51min	47	42	19
14	7h 22min	65	58	23	8h 3min	47	42	19
15	7h 26min	66	59	23	8h 8min	45	40	19
16	7h 30min	66	59	23	8h 16min	48	43	19
17	7h 34min	65	58	23	8h 20min	25	22	19
18	7h 38min	63	57	23	8h 24min	24	21	19
19	7h 42min	62	56	23	8h 32min	48	41	19
20	7h 47min	62	56	23	8h 40min	45	40	19
21	7h 52min	60	54	22	8h 49min	48	43	18
22	7h 57min	58	52	22	8h 58min	45	40	18
23	8h 2min	56	50	21	9h 7min	44	39	18
24	8h 7min	55	49	21	9h 16min	45	40	18
25	8h 12min	54	48	21	9h 25min	45	40	18
26	8h 17min	53	47	21	9h 34min	46	41	19
27	8h 22min	50	45	21	9h 43min	47	42	19
28	8h 28min	56	50	21	9h 52min	48	43	19
29	8h 34min	55	49	21	10h 1min	48	43	19
30	8h 40min	52	46	22	10h 10min	48	43	19
31	8h 46min	49	44	22	10h 18min	45	40	19
32	8h 53min	54	48	22	10h 26min	49	44	19
33	9h 5min	52	46	23	10h 34min	49	44	19
34	9h 7min	52	46	23	10h 42min	48	44	19
35	9h 14min	48	43	23	10h 49min	45	40	19
36	9h 22min	50	45	23	10h 56min	48	43	19
37	9h 30min	48	43	23	11h 3min	49	44	19
38	9h 38min	45	40	22	11h 10min	51	46	19
40	9h 47min	48	43	22	11h 16min	47	42	19

N	Abraço				Centro			
	HORARIO	PTR	PTC	TPV	HORARIO	PTR	PTC	TPV
41	9h 56min	45	40	22	11h 22min	54	48	20
42	10h 6min	45	40	22	11h 27min	51	46	20
43	10h 15min	48	43	22	11h 32min	58	52	19
44	10h 20min	23	21	22	11h 36min	51	46	19
45	10h 25min	23	21	22	11h 40min	54	48	19
46	10h 36min	47	42	22	11h 44min	57	51	19
47	10h 47min	47	42	21	11h 48min	60	54	19
48	10h 53min	28	23	21	11h 52min	63	56	19
49	10h 58min	22	20	21	11h 56min	66	59	18
50	11h 8min	48	41	21	12h 4min	65	58	18
51	11h 18min	49	44	21	12h 8min	64	57	18
52	11h 27min	21	19	21	12h 12min	62	55	18
53	11h 35min	28	25	21	12h 16min	59	53	18
54	11h 43min	46	41	22	12h 20min	56	50	18
55	11h 50min	51	46	22	12h 24min	52	46	18
56	11h 56min	51	46	22	12h 29min	47	42	18
57	12h 2min	49	44	22	12h 34min	54	48	17
58	12h 8min	53	47	22	12h 40min	48	43	17
59	12h 13min	58	52	22	12h 47min	49	44	17
60	12h 18min	51	46	22	12h 51min	45	40	17
61	12h 23min	54	48	22	12h 55min	24	21	17
62	12h 28min	56	50	22	13h 3min	23	21	17
63	12h 33min	59	53	22	13h 7min	45	40	16
64	12h 38min	61	54	22	13h 11min	23	21	16
65	12h 43min	64	57	22	13h 15min	24	21	17
66	12h 48min	53	47	22	13h 19min	26	23	17
67	12h 53min	55	49	22	13h 23min	26	23	17
68	12h 58min	56	50	22	13h 27min	48	43	17
69	1h 3min	57	51	22	13h 31min	21	19	17
70	1h 8min	58	52	22	13h 35min	29	26	17
71	1h 13min	58	52	22	13h 39min	51	46	17
72	1h 18min	57	51	22	13h 43min	48	43	18
73	1h 23min	57	51	22	13h 47min	46	41	18
74	1h 28min	56	50	22	13h 51min	48	43	18
75	1h 33min	56	50	22	14h 5min	45	40	19
76	1h 38min	55	49	22	14h 9min	45	40	19
77	1h 43min	54	48	22	14h 13min	23	21	19
78	1h 48min	53	47	22	14h 17min	21	19	19
79	1h 53min	53	47	22	14h 21min	44	39	20
80	1h 58min	52	46	22	14h 25min	47	42	20
	1h 58min	51	46	23	14h 29min	44	39	20

(continua)

Quadro A.3.4 - MDV - Quadro de Horários Proposto Para a Linha Abraço Conjunta

Nível de Serviço C

Conclusão:

N	Abraço			Centro			N	Abraço			Centro		
	HORARIO	PTC	TPV	HORARIO	PTC	TPV		HORARIO	PTC	TPV	HORARIO	PTC	TPV
81	13h 43min	63	23	14h 51min	46	41	120	17h 44min	26	23	18h 20min	58	22
82	13h 46min	61	23	15h 1min	46	41	121	17h 47min	25	22	18h 24min	56	22
83	13h 53min	58	24	15h 10min	46	40	122	17h 53min	50	45	18h 28min	54	22
84	13h 58min	50	23	15h 19min	46	43	123	17h 56min	24	21	18h 32min	52	22
85	14h 3min	52	23	15h 27min	45	40	124	17h 59min	24	21	18h 36min	49	22
86	14h 8min	48	24	15h 35min	50	45	125	18h 5min	48	43	18h 40min	48	22
87	14h 14min	53	24	15h 42min	47	42	126	18h 8min	24	21	18h 46min	57	21
88	14h 20min	50	24	15h 49min	50	45	127	18h 12min	31	28	18h 50min	57	21
89	14h 26min	49	24	15h 56min	51	46	128	18h 18min	53	47	18h 55min	57	21
90	14h 32min	48	24	16h 2min	45	40	129	18h 26min	50	45	19h	53	21
91	14h 38min	47	24	16h 8min	47	42	130	18h 33min	46	41	19h 5min	49	20
92	14h 45min	63	23	16h 14min	50	45	131	18h 37min	24	21	19h 10min	46	20
93	14h 52min	50	24	16h 20min	52	48	132	18h 41min	23	21	19h 16min	53	20
94	14h 59min	49	24	16h 26min	54	48	133	18h 50min	48	43	19h 22min	49	20
95	15h 6min	49	24	16h 31min	46	41	134	18h 54min	20	18	19h 28min	46	20
96	15h 13min	50	23	16h 38min	47	42	135	18h	29	26	19h 35min	52	20
97	15h 20min	51	23	16h 41min	49	44	136	18h 10min	46	41	19h 35min	52	20
98	15h 27min	53	23	16h 46min	50	45	137	18h 16min	22	20	19h 42min	51	20
99	15h 34min	52	22	16h 51min	52	46	138	18h 21min	26	23	19h 49min	49	20
100	15h 41min	51	22	16h 56min	54	48	139	18h 27min	25	22	19h 56min	46	19
101	15h 48min	50	22	17h 1min	54	48	140	18h 32min	19	17	20h 3min	44	19
102	15h 55min	47	22	17h 6min	55	49	141	18h 44min	45	40	20h 11min	48	19
103	16h 2min	47	22	17h 11min	57	51	142	18h 51min	26	22	20h 19min	46	18
104	16h 9min	47	22	17h 16min	59	53	143	18h 57min	21	18	20h 28min	49	18
105	16h 17min	52	22	17h 20min	50	46	144	20h 1min	46	41	20h 37min	47	18
106	16h 25min	52	22	17h 24min	52	46	145	20h 11min	23	21	20h 46min	44	18
107	16h 32min	48	22	17h 28min	55	49	146	20h 19min	20	18	20h 56min	47	17
108	16h 39min	51	22	17h 32min	57	51	147	20h 27min	18	18	21h 6min	45	17
109	16h 46min	53	22	17h 36min	59	53	148	20h 35min	24	21	21h 8min	46	17
110	16h 53min	54	21	17h 40min	61	54	149	20h 46min	22	20	21h 17min	46	18
111	16h 59min	46	21	17h 44min	63	56	150	20h 56min	21	19	21h 38min	45	18
112	17h 6min	49	21	17h 48min	64	57	151	21h 6min	21	20	21h 47min	44	18
113	17h 11min	50	21	17h 52min	64	57	152	21h 17min	22	20	21h 56min	47	18
114	17h 17min	51	21	17h 56min	64	57	153	21h 28min	22	20	22h 5min	48	18
115	17h 20min	28	21	18h	62	55	154	21h 38min	22	20	22h 14min	44	18
116	17h 23min	26	21	18h 4min	61	54	155	21h 51min	23	21	22h 25min	46	18
117	17h 28min	54	21	18h 6min	60	54	156	22h 5min	20	18	22h 39min	43	17
118	17h 35min	55	21	18h 12min	60	54	157	22h 19min	20	18	23h 2min	42	16
119	17h 41min	53	22	18h 16min	59	53	158	22h 54min	42	37	23h 31min	36	15
120							159	23h 35min	32	29	0h	18	15

Quadro A.3.4 - MDV - Quadro de Horários Proposto Para a Linha Abraço Conjunta
Nível de Serviço C.

Convenções:
N: Número de ordem da viagem
PIR: Estimativa de Passageiros Transportados
PTC: Estimativa de Passageiros no Trecho Crítico
TPV: Estimativa do Tempo de Viagem

Lotação: sentados: 36 passageiros
em pé : 36 passageiros (4,45 pass./m²)
Total : 72 passageiros

N	Abraço				Centro			
	HORARIO	PTR	PTC	TPV	HORARIO	PTR	PTC	TPV
1	5h 30min	12	11	15	9h 55min	61	64	22
2	6h 7min	56	52	17	10h 7min	60	54	22
3	6h 22min	61	54	19	10h 20min	62	55	22
4	6h 32min	66	59	20	10h 39min	57	61	22
5	6h 40min	66	59	21	10h 47min	26	23	21
6	6h 47min	66	59	21	11h 1min	36	31	21
7	6h 53min	64	57	22	11h 14min	61	54	21
8	6h 59min	69	62	22	11h 19min	62	55	21
9	7h 5min	71	63	22	11h 24min	25	22	21
10	7h 11min	76	68	23	11h 28min	38	34	21
11	7h 16min	66	59	23	11h 37min	64	57	22
12	7h 21min	68	61	23	11h 46min	60	54	22
13	7h 26min	69	62	23	11h 54min	62	55	22
14	7h 31min	69	62	23	12h 2min	70	62	22
15	7h 36min	68	61	23	12h 9min	68	61	22
16	7h 41min	65	56	23	12h 16min	73	65	22
17	7h 47min	75	64	22	12h 22min	66	59	21
18	7h 53min	72	62	22	12h 28min	70	62	22
19	7h 59min	69	62	22	12h 34min	74	66	22
20	8h 5min	66	58	21	12h 40min	78	70	22
21	8h 11min	65	56	21	12h 46min	68	61	22
22	8h 17min	64	57	21	12h 50min	70	62	22
23	8h 24min	69	62	21	12h 55min	72	64	22
24	8h 31min	65	58	21	13h	72	64	22
25	8h 38min	63	56	22	13h 5min	72	64	22
26	8h 46min	66	59	22	13h 10min	71	63	22
27	8h 54min	61	54	23	13h 15min	70	62	22
28	9h 3min	68	61	23	13h 20min	69	62	22
29	9h 12min	64	57	23	13h 25min	67	60	22
30	9h 22min	63	56	23	13h 30min	66	59	22
31	9h 32min	59	53	23	13h 35min	65	58	22
32	9h 43min	61	54	22	13h 41min	76	68	23

(continua)

Quadro A.3.5 - MDV - Quadro de Horários Proposto Para a Linha Abraço Conjunta

Nível de Serviço D

(conclusão)

N	Abraço				Centro			
	HORARIO	PTC	TPV	TPV	HORARIO	PTC	TPV	TPV
65	13h 47min	74	66	23	14h 59min	62	55	20
66	13h 53min	70	82	24	15h 11min	62	55	21
67	13h 59min	66	59	23	15h 22min	64	57	22
68	14h 6min	70	62	23	15h 32min	61	54	22
69	14h 13min	63	56	24	15h 42min	63	56	21
70	14h 21min	66	59	24	15h 51min	61	54	21
71	14h 29min	64	57	24	16h 6min	67	60	21
72	14h 37min	63	56	24	16h 8min	66	59	21
73	14h 45min	60	54	23	16h 15min	61	54	21
74	14h 54min	64	57	24	16h 22min	62	55	21
75	15h 3min	63	56	24	16h 29min	62	55	21
76	15h 12min	64	57	24	16h 38min	64	57	21
77	15h 21min	66	59	23	16h 43min	67	60	21
78	15h 29min	60	54	23	16h 50min	72	64	21
79	15h 38min	66	59	22	16h 56min	65	56	21
80	15h 47min	64	57	22	17h 2min	68	61	21
81	15h 56min	61	54	22	17h 8min	70	62	21
82	16h 5min	61	54	22	17h 14min	73	65	21
83	16h 14min	59	53	22	17h 20min	76	67	21
84	16h 24min	65	58	22	17h 25min	65	58	21
85	16h 33min	62	55	22	17h 30min	69	62	21
86	16h 42min	67	60	22	17h 36min	72	64	21
87	16h 50min	62	55	22	17h 40min	74	66	21
88	16h 58min	63	56	21	17h 45min	76	68	21
89	17h 6min	65	58	21	17h 50min	75	67	22
90	17h 14min	67	60	21	17h 55min	73	65	22
91	17h 22min	69	62	21	18h 6min	74	66	22
92	17h 28min	63	56	21	18h 5min	75	67	22
93	17h 36min	84	57	21	18h 10min	75	67	22
94	17h 43min	62	55	22	18h 15min	73	65	22
95	17h 51min	67	60	22	18h 20min	72	64	22

N	Abraço				Centro			
	HORARIO	PTC	TPV	TPV	HORARIO	PTC	TPV	TPV
96	17h 54min	25	22	22	18h 25min	70	62	22
97	17h 59min	40	36	22	18h 30min	67	60	22
98	18h 7min	63	56	22	18h 35min	65	58	22
99	18h 11min	31	28	22	18h 41min	73	65	22
100	18h 15min	31	28	22	18h 47min	68	61	21
101	18h 24min	66	59	21	18h 53min	64	57	21
102	18h 33min	59	53	20	18h 59min	62	55	20
103	18h 38min	30	27	20	18h 5min	92	55	20
104	18h 43min	28	25	20	18h 12min	67	60	20
105	18h 49min	32	29	20	18h 19min	61	54	20
106	18h 55min	30	27	20	18h 27min	66	59	20
107	18h 8min	61	54	19	18h 35min	61	54	20
108	18h 15min	31	28	20	18h 44min	65	58	20
109	18h 22min	30	27	20	18h 53min	61	54	19
110	18h 37min	59	53	21	20h 3min	63	56	19
111	18h 45min	29	26	21	20h 13min	59	53	19
112	18h 53min	29	26	21	20h 24min	63	56	18
113	20h 2min	31	28	22	20h 35min	59	53	18
114	20h 10min	26	23	21	20h 47min	59	53	16
115	20h 32min	57	51	20	21h 13min	57	51	17
116	20h 40min	17	15	20	21h 26min	59	53	17
117	20h 58min	39	35	19	21h 39min	60	54	18
118	21h 11min	26	23	19	21h 6min	59	53	18
119	21h 26min	29	26	20	21h 3min	57	51	18
120	21h 37min	21	19	21	22h 16min	58	52	18
121	21h 47min	19	17	21	22h 31min	57	51	18
122	21h 56min	15	13	21	22h 52min	56	50	17
123	22h 11min	23	21	20	23h 26min	48	43	15
124	22h 35min	32	29	18	0h	24	21	16
125	23h 35min	53	47	17				

Quadro A.3.5 - MDV - Quadro de Horários Proposto Para a Linha Abraço Conjunta
Nível de Serviço D

Lotação: sentados: 36 passageiros
 em pé : 48 passageiros (5,94 pass/m²)
 Total : 84 passageiros

Convenções:

N: Número de ordem da viagem
 PTR: Estimativa de Passageiros Transportados
 PTC: Estimativa de Passageiros no Trecho Crítico
 TPV: Estimativa do Tempo de Viagem

N	Abraço				Centro			
	HORARIO	PTR	PTC	TPV	HORARIO	PTR	PTC	TPV
1	5h 30min	12	11	15	5h 50min	5	4	16
2	6h 11min	71	63	17	6h 11min	9	6	18
3	6h 27min	76	70	19	6h 45min	62	55	18
4	6h 37min	82	68	20	6h 54min	28	25	18
5	6h 46min	85	73	21	7h 6min	43	36	19
6	6h 54min	81	76	22	7h 13min	29	26	19
7	7h 1min	85	72	22	7h 22min	46	41	19
8	7h 8min	91	81	23	7h 34min	78	70	19
9	7h 16min	82	73	23	7h 44min	74	68	19
10	7h 21min	83	74	23	7h 54min	79	71	19
11	7h 27min	82	73	23	8h 4min	72	64	19
12	7h 33min	80	71	23	8h 14min	38	34	19
13	7h 39min	89	79	23	8h 28min	35	31	19
14	7h 45min	84	75	22	8h 38min	74	66	19
15	7h 53min	80	71	22	8h 8min	74	66	19
16	8h 7min	77	69	21	8h 18min	71	63	19
17	8h 15min	88	77	21	8h 30min	74	66	18
18	8h 23min	80	71	21	8h 42min	72	64	18
19	8h 32min	84	75	21	8h 51min	74	66	18
20	8h 41min	79	71	22	9h 5min	74	66	19
21	8h 51min	75	67	22	10h 18min	71	63	19
22	9h 1min	73	65	23	10h 30min	74	66	19
23	9h 11min	78	68	23	10h 42min	72	64	19
24	9h 23min	76	66	23	10h 53min	77	69	19
25	9h 36min	75	67	22	11h 4min	76	67	19
26	9h 50min	72	64	22	11h 14min	80	71	20
27	10h 5min	74	66	22	11h 23min	75	65	20
28	10h 37min	73	65	22	11h 30min	75	66	20
29	10h 44min	73	65	21	11h 36min	82	73	19
30	10h 54min	31	28	21	11h 42min	89	79	19
31	11h 1min	42	37	21	11h 48min	89	79	19
32	11h 10min	72	64	21	11h 58min	80	71	19
33	11h 24min	75	67	22	12h 3min	80	71	18
34	11h 37min	39	36	22	12h 8min	77	68	18
35	11h 43min	38	32	22	12h 14min	88	79	18
36	11h 48min	15	13	22	12h 20min	79	71	18
37	11h 50min	88	59	22	12h 27min	80	71	18
38	12h 7min	84	76	22	12h 35min	78	70	17
39	12h 15min	77	69	22	12h 40min	40	36	17
40	12h 22min	82	73	22	12h 45min	33	29	17
41	12h 29min	87	78	22	12h 51min	36	32	17
42	12h 38min	79	71	22	12h 57min	34	30	17
43	12h 46min	83	74	22	13h 10min	74	66	16
44	12h 54min	88	76	22	13h 22min	76	68	17
45	13h 6min	88	77	22	13h 36min	36	32	17
46	13h 13min	85	75	22	13h 43min	35	31	17
47	13h 18min	84	75	22	13h 54min	72	65	18
48	13h 24min	81	72	22	14h 5min	73	65	19
49	13h 30min	79	71	22	14h 18min	76	68	20

Quadro A.3.6 - MDV - Quadro de Horários Proposto Para a Linha Abraço Conjunta

N	Abraão				Centro			
	HORARIO	PTR	PTC	TPV	HORARIO	PTR	PTC	TPV
1	5h 30min	12	11	15	5h 50min	5	6	16
2	5h 50min	25	22	16	6h 15min	28	25	16
3	6h 7min	33	29	17	6h 40min	28	25	17
4	6h 22min	61	54	19	6h 48min	22	20	18
5	6h 32min	66	59	20	6h 59min	35	31	18
6	6h 47min	66	59	21	7h 13min	60	54	19
7	6h 53min	64	57	22	7h 24min	30	27	19
8	7h 5min	71	63	22	7h 43min	61	54	19
9	7h 11min	76	66	23	7h 52min	63	56	19
10	7h 21min	68	61	23	8h 1min	36	32	19
11	7h 26min	69	62	23	8h 10min	65	58	19
12	7h 36min	68	61	23	8h 28min	58	52	19
13	7h 41min	65	58	23	8h 50min	58	52	18
14	7h 53min	72	64	22	9h 14min	61	54	18
15	7h 59min	69	62	22	9h 37min	61	54	19
16	8h 11min	65	58	21	10h	58	52	19
17	8h 17min	64	57	21	10h 21min	61	54	19
18	8h 31min	65	58	21	10h 42min	60	54	19
19	8h 38min	63	56	22	11h 1min	65	58	19
20	8h 54min	61	54	23	11h 16min	62	55	19
21	9h 3min	68	61	23	11h 29min	65	58	20
22	9h 22min	63	56	23	11h 40min	66	59	19
23	9h 43min	61	54	22	11h 50min	72	64	19
24	10h 7min	60	54	22	12h	71	63	18
25	10h 33min	57	51	22	12h 10min	68	61	18
26	10h 47min	35	31	21	12h 15min	66	58	18
27	11h 14min	62	55	21	12h 26min	71	63	18
28	11h 26min	38	34	21	12h 39min	65	58	17
29	11h 46min	60	54	22	12h 51min	28	25	17
30	11h 54min	62	55	22	13h 6min	61	54	16
31	12h 9min	68	61	22	13h 16min	33	29	16
32	12h 16min	73	65	22	13h 29min	27	24	17
33	12h 28min	70	62	22	13h 39min	32	29	17
34	12h 40min	78	70	22	13h 53min	59	53	18
35	12h 50min	70	62	22	14h 12min	62	55	18
36	13h	72	64	22	14h 23min	33	29	20
37	13h 5min	72	64	22	14h 47min	60	54	20
38	13h 15min	70	62	22	15h 11min	62	55	21
39	13h 25min	67	60	22	15h 32min	61	54	22
40	13h 30min	66	59	22	15h 51min	61	54	21
41	13h 41min	76	68	23	16h 8min	66	59	21
42	13h 53min	70	62	24	16h 22min	62	55	21
43	14h 6min	70	62	23	16h 36min	64	57	21
44	14h 21min	65	59	24	16h 50min	72	64	21
45	14h 37min	63	56	24	17h 2min	68	61	21
46	14h 54min	64	57	24	17h 14min	73	65	21
47	15h 12min	64	57	24	17h 25min	65	58	21
48	15h 21min	66	59	23	17h 35min	72	64	21
49	15h 38min	66	59	22	17h 45min	76	68	21
50	15h 47min	64	57	22	17h 55min	73	65	22
51	16h 5min	61	54	22	18h 5min	75	67	22
52	16h 24min	65	58	22	18h 10min	75	67	22
53	16h 42min	67	60	22	18h 20min	72	64	22
54	16h 50min	62	55	22	18h 30min	67	60	22
55	17h 6min	65	58	21	18h 41min	73	65	22
56	17h 22min	69	62	21	18h 53min	64	57	21
57	17h 36min	64	57	21	18h 59min	62	55	20
58	17h 43min	62	55	22	19h 12min	67	60	20
59	17h 54min	25	22	22	19h 27min	66	59	20
60	18h 7min	63	56	22	19h 44min	65	58	20
61	18h 15min	31	28	22	20h 3min	63	56	19
62	18h 33min	59	53	20	20h 24min	63	56	18
63	18h 38min	30	27	20	20h 47min	59	53	18
64	18h 49min	32	29	20	21h 13min	57	51	17
65	18h 55min	30	27	20	21h 39min	60	54	18
66	19h 15min	31	28	20	22h 3min	57	51	18
67	19h 22min	30	27	20	22h 16min	58	52	18
68	19h 45min	29	26	21	22h 49min	28	25	17
69	19h 53min	29	26	21	23h 7min	28	25	17
70	20h 10min	26	23	21	23h 26min	48	43	15
71	20h 32min	57	51	20	23h 43min	12	11	15
72	20h 58min	39	35	19	0h	12	11	15
73	21h 11min	26	23	19				
74	21h 37min	21	19	21				
75	21h 47min	19	17	21				
76	22h 11min	23	21	20				
77	22h 35min	32	29	18				
78	23h 35min	53	47	17				

Quadro A.3.7 -

MDC - Programação Proposta (NS D)
Quadro de Horários da Linha Abraão

N	Itaguaçu				Centro			
	HORARIO	PTR	PTC	TPV	HORARIO	PTR	PTC	TPV
1	6h 46min	66	59	15	7h 19min	32	29	14
2	7h 5min	69	62	16	7h 34min	64	57	14
3	7h 22min	66	59	17	7h 56min	29	26	14
4	7h 36min	69	62	18	8h 19min	63	56	14
5	7h 52min	75	67	18	8h 39min	63	56	15
6	8h 10min	66	59	16	9h 2min	61	54	13
7	8h 28min	69	62	17	9h 25min	58	52	13
8	8h 50min	66	59	18	9h 49min	61	54	14
9	9h 16min	64	57	19	10h 11min	63	56	15
10	9h 38min	59	53	19	10h 32min	64	57	15
11	9h 59min	61	54	18	10h 52min	65	58	15
12	10h 24min	62	55	18	11h 9min	65	58	15
13	10h 43min	26	23	17	11h 23min	69	62	16
14	11h 5min	61	54	17	11h 35min	73	65	15
15	11h 24min	25	22	17	11h 45min	70	62	15
16	11h 41min	64	57	18	11h 55min	72	64	13
17	12h 6min	70	62	18	12h 5min	70	62	13
18	12h 26min	66	59	17	12h 20min	63	56	12
19	12h 38min	74	66	18	12h 32min	64	57	11
20	12h 49min	68	61	18	12h 47min	65	58	11
21	12h 59min	72	64	18	12h 56min	31	28	11
22	13h 14min	71	63	18	13h 11min	32	29	11
23	13h 24min	69	62	18	13h 25min	60	54	12
24	13h 39min	65	58	18	13h 34min	32	29	12
25	13h 51min	74	66	19	13h 44min	32	29	13
26	14h 4min	66	59	23	14h 2min	59	53	14
27	14h 18min	63	56	19	14h 17min	29	26	15
28	14h 34min	64	57	19	14h 35min	62	55	16
29	14h 50min	60	54	18	14h 59min	62	55	16
30	15h 8min	63	56	19	15h 22min	64	57	18
31	15h 33min	60	54	19	15h 42min	63	56	17
32	16h	61	54	18	16h	67	60	17
33	16h 18min	59	53	18	16h 15min	61	54	16
34	16h 37min	62	55	18	16h 29min	62	55	16
35	16h 50min	31	28	18	16h 43min	67	60	16
36	17h 2min	32	29	17	16h 56min	65	58	17
37	17h 16min	67	60	17	17h 8min	70	62	17
38	17h 33min	63	56	17	17h 20min	75	67	17
39	17h 44min	33	29	18	17h 30min	69	62	17
40	17h 54min	34	30	18	17h 40min	74	66	17
41	18h 3min	40	36	18	17h 50min	75	67	18
42	18h 16min	31	28	17	18h	74	66	18
43	18h 29min	66	59	16	18h 15min	73	65	18
44	18h 47min	28	25	16	18h 25min	70	62	18
45	19h 13min	61	54	15	18h 35min	65	58	18
46	19h 42min	30	27	16	18h 47min	68	61	17
47	20h 7min	31	28	17	19h 5min	62	55	16
48	20h 44min	17	15	16	19h 19min	61	54	15
49	21h 29min	29	26	17	19h 35min	61	54	15
50	21h 59min	15	13	18	19h 53min	61	54	14
51					20h 13min	59	53	14
52					20h 35min	59	53	13
53					21h	59	53	13
54					21h 26min	59	53	13
55					21h 51min	59	53	14
56					22h 31min	57	51	13

Quadro A.3.8 - MDC - Programação Proposta (NS D)
Quadro de Horarios da Linha Itaguaçu

N	Dia 8/Ago/1991		Dia 13/Ago/1991		Dia 20/Ago/1991		Dia 6/Ago/1991		Dia 13/Ago/1991		Dia 20/Ago/1991	
1	5h	50min	8pass	5h	50min	7pass	11h	23min	8pass	11h	29min	61pass
2	6h	15min	12pass	6h	15min	15pass	11h	30min	84pass	11h	35min	40pass
3	6h	40min	37pass	6h	40min	36pass	11h	36min	18pass	11h	45min	57pass
4	6h	48min	24pass	6h	48min	24pass	11h	40min	82pass	11h	50min	58pass
5	6h	58min	28pass	6h	58min	42pass	11h	45min	50pass	11h	55min	58pass
6	7h	15min	56pass	7h	13min	47pass	11h	50min	86pass	12h	5min	86pass
7	7h	12min	12pass	7h	19min	18pass	11h	55min	51pass	12h	10min	86pass
8	7h	24min	45pass	7h	24min	44pass	12h	5min	84pass	12h	10min	81pass
9	7h	34min	14pass	7h	34min	20pass	12h	6min	83pass	12h	15min	82pass
10	7h	43min	112pass	7h	43min	77pass	12h	10min	84pass	12h	20min	64pass
11	7h	50min	0pass	7h	43min	8pass	12h	15min	90pass	12h	28min	57pass
12	7h	53min	73pass	7h	52min	72pass	12h	15min	80pass	12h	32min	57pass
13	7h	58min	20pass	7h	56min	65pass	12h	20min	66pass	12h	39min	37pass
14	8h	1min	64pass	8h	10min	35pass	12h	28min	79pass	12h	47min	34pass
15	8h	10min	57pass	8h	19min	43pass	12h	32min	31pass	12h	51min	30pass
16	8h	15min	23pass	8h	28min	59pass	12h	39min	66pass	12h	56min	13pass
17	8h	28min	62pass	8h	39min	46pass	12h	47min	47pass	12h	58min	53pass
18	8h	39min	25pass	8h	50min	72pass	12h	51min	11pass	13h	6min	52pass
19	8h	40min	0pass	8h	50min	27pass	12h	56min	4pass	13h	11min	24pass
20	8h	50min	70pass	8h	50min	75pass	13h	6min	61pass	13h	16min	27pass
21	8h	2min	37pass	8h	14min	20pass	13h	11min	8pass	13h	25min	32pass
22	8h	14min	63pass	8h	25min	53pass	13h	15min	0pass	13h	28min	30pass
23	8h	25min	18pass	8h	37min	71pass	13h	15min	67pass	13h	30min	4pass
24	8h	37min	70pass	8h	49min	21pass	13h	25min	7pass	13h	39min	48pass
25	8h	48min	5pass	8h	58pass	10h	13h	28min	67pass	13h	45min	31pass
26	10h	70pass	10h	11min	11min	11min	13h	30min	23pass	13h	55min	65pass
27	10h	11min	36pass	10h	15pass	10h	13h	34min	3pass	14h	2min	55pass
28	10h	21min	69pass	10h	18pass	10h	13h	38min	65pass	14h	2min	33pass
29	10h	32min	34pass	10h	30min	41pass	13h	38min	8pass	14h	12min	69pass
30	10h	42min	70pass	10h	42min	83pass	13h	44min	5pass	14h	17min	16pass
31	10h	52min	47pass	11h	52min	36pass	13h	50min	69pass	14h	23min	24pass
32	11h	1min	55pass	11h	1min	64pass	13h	53min	47pass	14h	35min	21pass
33	11h	8min	30pass	11h	9min	38pass	14h	2min	47pass	14h	47min	33pass
34	11h	16min	81pass	11h	23min	67pass	14h	12min	61pass	14h	40min	77pass
				11h	35min	38pass	14h	17min	2pass	14h	47min	61pass
							14h	23min	60pass	15h	22min	19pass

(continua)

Quadro A.3.10 - Oferta e Demanda Efetivas dos Dias Avaliados

(Linha Abraço Conjunta, Sentido Centro-Bairro)

(conclusão)

N	Dia 6/Ago/1991	Dia 13/Ago/1991	Dia 20/Ago/1991	N	Dia 6/Ago/1991	Dia 13/Ago/1991	Dia 20/Ago/1991
69	14h 35min	23pass	15h 11min	103	18h 30min	96pass	18h 5min
70	14h 50min	90pass	15h 26min	104	18h 30min	86pass	12min
71	14h 59min	45pass	15h 28min	105	18h 35min	53pass	18h 41pass
72	15h 12min	88pass	15h 32min	106	18h 47min	57pass	18h 76pass
73	15h 22min	59pass	15h 42min	107	18h 53min	100pass	18h 83pass
74	15h 32min	81pass	15h 52min	108	18h 59min	59pass	18h 52pass
75	15h 42min	56pass	15h 56min	109	18h 5min	65pass	18h 44min
76	15h 50min	51pass	16h 8min	110	18h 12min	53pass	18h 37pass
77	16h 16h	66pass	16h 22min	111	18h 18min	52pass	18h 38pass
78	16h 16h	78pass	16h 22min	112	18h 27min	71pass	18h 42pass
79	16h 15min	46pass	16h 28min	113	18h 35min	41pass	18h 48pass
80	16h 22min	71pass	16h 36min	114	18h 44min	74pass	18h 54pass
81	16h 28min	40pass	16h 48min	115	18h 53min	35pass	18h 26pass
82	16h 38min	78pass	16h 50min	116	20h 3min	67pass	18h 47pass
83	16h 43min	27pass	16h 56min	117	20h 13min	53pass	18h 58min
84	16h 50min	78pass	17h 2min	118	20h 13min	8pass	18h 26min
85	16h 56min	40pass	17h 8min	119	20h 24min	71pass	18h 40pass
86	17h 2min	82pass	17h 14min	120	20h 35min	23pass	18h 0pass
87	17h 8min	28pass	17h 20min	121	20h 35min	66pass	18h 62pass
88	17h 14min	84pass	17h 25min	122	21h 21h	37pass	18h 56pass
89	17h 20min	22pass	17h 30min	123	21h 26min	28pass	18h 66pass
90	17h 26min	70pass	17h 35min	124	21h 39min	54pass	18h 29pass
91	17h 30min	44pass	17h 40min	125	21h 51min	18pass	18h 18pass
92	17h 35min	88pass	17h 45min	126	21h 59min	56pass	18h 81pass
93	17h 40min	50pass	17h 50min	127	22h 3min	38pass	18h 15pass
94	17h 45min	82pass	17h 55min	128	22h 16min	56pass	18h 18pass
95	17h 50min	45pass	18h 5min	129	22h 49min	59pass	18h 11pass
96	17h 55min	78pass	18h 10min	130	23h 7min	31pass	18h 8pass
97	18h 5min	66pass	18h 15min	131	23h 26min	13pass	18h 14pass
98	18h 10min	83pass	18h 20min	132	23h 43min	14pass	18h 12pass
99	18h 15min	75pass	18h 25min	133	Oh	12pass	18h 12pass
100	18h 20min	91pass	18h 30min				
101	18h 25min	63pass	18h 35min				
102	18h						

Quadro A.3.10 - Oferta e Demanda Efetivas dos Dias Avaliados
(Linha Abração Conjunta, Sentido Centro-Bairro)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARMANDO, Jorge O. de Carvalho. Procedimentos para programação e controle operacional do serviço de ônibus urbano. Brasília: GEIPOT, 1982. 125p.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES PÚBLICOS - ANTP. Gerenciamento de transporte público urbano; instruções básicas; dimensionamento de linhas de ônibus. São Paulo: 1990. 60p.
- BUSSAB, Wilton O., MORETTIN, Pedro A. Estatística básica. São Paulo: Atual, 1987. 321p.
- COMPANHIA BRASILEIRA DE TRENS URBANOS - CBTU. Estudo de integração intermodal de passageiros do trem metropolitano de Porto Alegre. Porto Alegre: 1985. 166p.
- COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRAFEGO - CET. Tratamento preferencial ao transporte coletivo por ônibus. Brasília: EBTU, 1982. 163p.
- COTAÇÕES. Veja, São Paulo, n.1191, p.79, jul. 1991.
- CRUZ, Jorge A. et al. Instruções práticas para execução de pesquisas em ônibus urbanos. Brasília: GEIPOT, 1986. 174p.
- DAIBERT, Ricardo Motta. Avaliação do desempenho de transporte coletivo por ônibus. Brasília: EBTU, 1984. 73p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES - GEIPOT. Câmara de Compensação. Recife: 1986. 24p.
- . Dimensionamento operacional do sistema de transporte coletivo do Município de Florianópolis; primeira etapa - linhas principais do Continente. Florianópolis: 1982. 57p.
- . Estudo de padronização dos ônibus urbanos; relatório final. Brasília: 1982. 164p.
- . Manual de controle da operação do serviço de ônibus urbano. Brasília: 1982. 110p.
- . Pesquisa para controle operacional de ônibus urbanos. Brasília: 1984. 35p.

- _____. Projeto de assistência técnica para a Prefeitura Municipal de Florianópolis - PROTEC/FLN; segunda etapa - 1981/82. Porto Alegre: 1983. 374p.
- _____. Projeto de inovações na tecnologia de transportes urbanos; fase I - ônibus". Brasília: 1976. 199p.
- _____. Projeto de racionalização do transporte coletivo urbano de Florianópolis. Florianópolis: 1984. 2v. 280p.
- EMPRESA BRASILEIRA DOS TRANSPORTES URBANOS - EBTU. Catálogo de softwares para transporte urbano. Brasília: 1989. 187p.
- _____. SITURB - sistema de informações dos transportes urbanos; manual de operação". Brasília: s.d. 109p.
- EMPRESA METROPOLITANA DE TRANSPORTES COLETIVOS - EMTU/RECIFE. Programa de reestruturação e integração modal do sistema de transporte público de passageiros da Região Metropolitana de Recife; novo modelo de remuneração. Recife: 1985. 55p.
- FERNANDES, Fátima S. Aspectos de transporte urbano na modificação dos horários de trabalho. Brasília: EBTU, 1985. 105p.
- FREITAS, Ion de. Dimensionamento do sistema ônibus. São Paulo: s.d. 35p.
- FREITAS, Lúcia H. Walendy. Análise e dimensionamento da oferta de transportes por ônibus; metodologia. São Paulo: CET, 1985. 72p. (série Boletim Técnico da CET - n.35).
- FUNDAÇÃO METROPOLITANA DE PLANEJAMENTO - METROPLAN. Projeto de controle operacional. Porto Alegre: 1988. 2v. 324p.
- GIBRA, Isaac N. Probability and statistical inference for scientists and engineers. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1973. 591p.
- GILLET, Billy E. Introduction to operations research; a computer-oriented algorithmic approach. New York: McGraw-Hill, 1976. 610p.
- LOMPA, Carlos A. G. Programa quadro. Brasília: 1988. (software).
- LUCATELLI, Horácio. Operação com uso de paradas não sucessivas para o ônibus urbano. Rio de Janeiro: IME, 1978. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Instituto Militar de Engenharia, 1978.
- MELLO, José C. Planejamento dos transportes. São Paulo: McGraw-Hill, 1975. 193p.
- MORETTIN, Pedro A., TOLOI, Clélia M. de Castro. Modelos para previsão de séries temporais. Rio de Janeiro: 1989. 356p.
- _____. NEVES, Luís C. Avaliação de desempenho do sistema de ônibus urbano. Brasília: EBTU, 1985. 102p.
- PEREIRA, Willian A. de Aquino, TABOSA, Tibério C. Macedo. Um modelo de dimensionamento de oferta em transportes coletivos. Revista dos Transportes Públicos, São Paulo, n.11, p.71-96, mar. 1981.

PINDYCK, Robert S., RUBINFELD, Daniel L. Econometric models and economic forecasts. New York: McGraw-Hill, 1981. 605p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS - PMF. Cálculo tarifário; empresa Ribeironense. Florianópolis: jul. 1991. 7p.

SANTOS, Antonio C. Lopes dos, ROTHEN, Marcos de Luca. Racionalização do sistema de transporte coletivo por ônibus". Revista dos Transportes Públicos. São Paulo: n.38, p.83-92, dez. 1987.

SILVA, Roberto Correa da. Método de aproximação uniforme uniforme de funções via programação linear. Florianópolis: UFSC, 1984. 74 p. Dissertação (Mestrado em Matemática). Universidade Federal de Santa Catarina, 1984.

SOFRETU. Les transports collectifs de la Communauté Urbaine de Lille; étude de l'exploitation de la ligne 4 de la CGIT. Paris: 1981. 52p.

STANGE, Plínio. Programação matemática no ajustamento de pontos e no reconhecimento de padrões. Florianópolis: 1988. 35p.

TRANSITO, TRANSPORTES COLETIVOS E COMUNICAÇÕES - TTC. Acompanhamento econômico e administração tarifária. Brasília: EBTU, 1986. 3v.

_____. Gerência do sistema de transporte público de passageiros; planejamento da operação. Brasília: EBTU, 1988. 8v.

ZUQUETE, Eduardo. Análise e dimensionamento de um serviço suburbano ferroviário. In: Congresso sobre investigação operacional e sua aplicação à gestão. Lisboa: 1982. 212p.